

Középiskolás tanulók
feladatmegoldó stratégiái
egyszerű sztöchiometriai
problémákra

(Dr. Tóth Zoltán – Kiss Edina)

Tüzelőanyag-elem,
energiacella (fuel cell)

(Dr. Galbács Zoltán)

Új tankönyvek
a 2004/2005-ös tanévre

XII. ÉVFOLYAM 2004

1

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1350 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Felhívás!

Kedves Kémiantanár Kollégák!

**Rátz Tanár Úr Életműdíj
hat középiskolai tanárnak**

Búcsúzunk

**Középiskolás tanulók feladatmegoldó stratégiái
egyszerű stöchiometriai problémákra**

Dr. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar,
Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

Dr. Szalay Tibor

Tüzelőanyag-elem, energiacella (fuel cell)

Dr. Galbács Zoltán, SZTE,

Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Új módszerek a kémiaoktatásban

Ordasi Betty

**Új tankönyv a 2004/2005-ös tanévre
A természetről tizenéveseknek tankönyvcsalád
Kémia 8. tankönyv**

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

FELHÍVÁS!

Kedves Kémiantanár Kollégák!



A XXI. Kémiantanári Konferenciát 2004. augusztus 15. és 19. között Pécsen, „A KÉMIA ÉS A TÁRSTUDOMÁNYOK KAPCSOLATA” címmel rendezi meg a Magyar Kémikusok Egyesülete Oktatási Bizottsága, a Pécsi Tudományegyetemmel és a Fővárosi Pedagógiai Intézettel közösen.

A Kémiantanári Konferencia egyben 30 órás akkreditált továbbképzés, melynek része egy fél-napos tanulmányi kirándulás is.

A konferencia várható részvételi díja: maximum 30 000 Ft.

A szálláslehetőségekről és azok várható költségeiről később tájékoztatjuk a jelentkezőket, illetve a konkrét információkról folyamatosan tájékozódhatnak a www.mke.mtesz.hu honlapról.

A konferencia **várható kezdési** időpontja:

2004. augusztus 15., vasárnap

17.00 óra ünnepélyes megnyitó

17.30-18.30 plenáris előadás

A várható befejezés:

augusztus 19., csütörtök 12 óra.

A továbbképzésben plenáris előadásokat, szóbeli, gyakorlati (demonstrációs, illetve labor) foglalkozásokat, poszter szekciókat, illetve kirándulás szervezését tervezzük.

A szekciók tervezett témái:

– Környezet- és egészségvédelem a kémiai-tanításban

- Új módszerek, új eljárások a kémia oktatásában
- Fizikai-kémiai mérés technikák
- Élettudományok és a kémia
- Kísérletek a természettudományos oktatásban (gyakorlati szekció)
- Poszter szekció
- Egyéb (a bejelentett előadások alapján)

A gyakorlati foglalkozásokra gyors, olcsó, egyszerű tanulói és demonstrációs kísérleteket várunk.

A konferencia a **Kémiantanárok Nyári Országos Továbbképzése** címen. T 300 730-1219/1999 alapítási engedélyszámon és a XXV/2/2000 indítási engedélyszámon nyilvánított, 30 órás akkreditált tanár-továbbképzési tanfolyam, mely megtalálható a 2003 decemberében kiadott továbbképzési jegyzékben.

A Tanúsítvány megszerzésének feltétele a konferencia részvételi díjának befizetése, részvétel a konferencia előadásain, gyakorlati foglalkozásain, a tanulmányi kiránduláson, valamint választható az alábbiak közül az egyik:

- Előadás vagy gyakorlati foglalkozás tartása a konferencián.
- Poszter készítése a konferenciára.
- Tanítási segédanyag készítése 8-10 oldalas terjedelemben – a konferencia előadásainak, gyakorlati foglalkozásainak felhasználásával. A dolgozatokat 2004. szeptember 30-ig kérjük beküldeni Hajnissné Anda Éva részére. (Magyar Kémikusok Egyesülete 1027. Budapest, Fő u. 68.)

A tanúsítványok postázása 2004. november 30-ig a Magyar Kémikusok Egyesületétől várható.

Tartalmi kivonat a konferencia kiadványa számára

A konferencia anyagát kiadványban is megjelentetjük, amelyet a résztvevők a konferencián kézhez kapnak. Kérjük az előadókat, hogy az előadásuk, poszterük anyagának kivonatát küldjék el az alábbi terjedelemben:

szekció előadások, gyakorlati szekciók: 2 oldal (5000 betűhely)

poszterek: 1 oldal (2500 betűhely).

Ebbe a terjedelemben a címsorok és az ábrák is beleértendők.

A címsorok szerkezete:

- az előadás/poszter címe;
- az előadó neve;
- munkahelyének neve és címe;
- e-mail címe.

A szöveget kizárólag elektronikus formában, word '97, word 2000 vagy RTF-formátumban kérjük megküldeni. A szöveg ábrákat

is tartalmazhat. Ezeket a szövegbe illesztve, vagy külön, jó minőségű nyomtatvány formájában is elfogadjuk. Kérjük, hogy a fájlt gondosan ellenőrizze vírusmentességre, és csak ellenőrzés után küldje el. A szöveget szerkesztjük, szükség esetén kijavítjuk és nyomdakészre tördeljük. Az elfogadott, de nagyobb javítást igénylő szövegeket júniusban, egy ízben visszaküldjük a szerzőnek átdolgozásra. Kérjük, vegye figyelembe a kémiai helyesírás szabályait, a mennyiségek IUPAC ajánlás szerinti jelölését, és használja az SI mértékegységeket! A kötetet dr. Riedel Miklós (ELTE Fizikai Kémiai Tanszék) szerkeszti.

Beküldési határidő: 2004. március 1.

(A határidő után beérkezett anyagokat nem tudjuk figyelembe venni, ezért visszaküldjük a szerzőnek.) A beérkezett anyagok segítenek a szervező bizottságnak a végleges program összeállításában.

Üdvözzel:

*Hajnissné Anda Éva
az Oktatási Bizottság titkára,
a szervező bizottság elnöke*

Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért **Rátz Tanár Úr Életműdíj** **hat középiskolai tanárnak**

Immáron harmadik alkalommal veheti át ünnepélyes keretek között a Rátz Tanár Úr Életműdíjat hat középiskolai tanár pályafutása során nyújtott kiemelkedő teljesítményéért. A Graphisoft R&D Rt., az Ericsson Magyarország Kft., valamint

a Richter Gedeon Rt. által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért kuratóriuma évente ítéli oda a díjat összesen 6 millió forint értékben. Az alapítvány díjazottjai azok a középiskolai tanárok, akik az alapítók tevé-

kenységi köréhez szorosan kapcsolódó magyarországi matematika-, fizika- és kémiaoktatásban kimagasló szerepet töltene be e tantárgyak népszerűsítésében és a tehetséggondozásban.

Az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért célja, hogy a *Rátz Tanár Úr Életműdíjjal* tisztelettel adózzon azon pedagógusok előtt, akik áldozatos szakmai munkájuk révén kiemelkedő eredménnyel képzik a jövő tehetségeit. Az alapítványt létrehozó három nagyvállalat ezzel az életműdíjjal kíván hozzájárulni a magyarországi természettudományos oktatásban végzett tanári munka rangjának, erkölcsi és anyagi megbecsülésének növeléséhez. Az alapítvány céljai megvalósításáról három főből álló kuratórium gondoskodik, amely 2001 második félévétől kezdve évente ítéli oda az egyenként 1 millió forint összegű életműdíjat két matematika-, két fizika- és két kémiatanárnak. A kuratórium elnöke Kroó Norbert, a Magyar Tudományos Akadémia főtthkára.

A 2003-as év díjazottjai:

Matematika: **Czapáry Endre és Rábai Imre**

Fizika: **Kovács Mihály és dr. Wiedemann László**

Kémia: **Dr. Kovácsné dr. Csányi Csilla és dr. Velkey László**

Kémia

Dr. Kovácsné dr. Csányi Csilla

1947-ben született. Az ELTE-TTK biológia-kémia középiskolai szakán végzett 1972-ben.

1981 óta a Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Iskola mind a mai napig aktívan tanító ve-

zető tanára. 1995 óta a Fővárosi Pedagógiai Intézet kémiai vezető szaktanácsadója, 1997 óta főtanácsosi minőségben. 1975-ben „summa cum laude” minősítéssel doktorált.

2002-ben a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztályának elnökévé választották.

Dr. Kovácsné dr. Csányi Csilla a hazai kémiai szakdidaktika egyik meghatározó személyisége. Ezt tanúsítja nagyszámú publikációja és könyve, sikeres szereplése és rendezői tevékenysége hazai és nemzetközi szakdidaktikai rendezvényeken.

Tanítványai igen eredményesen szerepeltek a Hevesy- és Irinyi-versenyeken.

Dr. Velkey László

1955-ben született. Szegeden a JATE-TTK-n szerzett biológia-kémia tanári diplomát 1978-ban. Tevékenysége Sárospatakhoz kötődik, ahol a Rákóczi Gimnáziumban tanított 1981-től kezdve, majd 1992-től 10 évig az Árpád Vezér Gimnázium igazgatója volt. Az idei évtől a miskolci Fényi Gyula Jezsuita Gimnázium kémia-biológia szakos tanára.

Az ELTE-vel való kapcsolata révén széles körű tudományos kutatómunkát is végzett. Ennek eredményeként doktorált „summa cum laude” minősítéssel 1985-ben. Részt vett az ELTE „A viselkedés neurobiológiája” című PhD-programjában. Számos hazai tudományos társaságban tölt be különböző funkciókat.

Kutatómunkája soha nem ment a pedagógiai tevékenysége rovására. Széles körű és igen eredményes szakdidaktikai oktató-szervező tevékenységének betetőzését jelentették az általa kezdeményezett és 1986 óta rendszeresen megszervezett „Sárospataki Diákvegyész Napok”. Szakmai-levelezési kapcsolatot épített ki diákjai számára számos határainkon túli magyar és külföldi iskolával.

Búcsúzunk

Az egyre színesebb, de mégiscsak fájdalmasan sűrű őszi készülődésünkbe tragikusan érkezett a hír: szeretett kollégánk, tanárunk Balassa Lászlóné, Marika fáradt szervezete nem bírta tovább a megpróbáltatásokat, sok szenvedés után, de az utolsó hetekben megpihenve, s végül megnyugodva, elhunyt.

Iskolánkban már hetek óta aggódva készülünk meglátogatni, szerettünk volna személyesen is sok-sok biztatást adni neki, mert tudtuk, hogy beteg. Tudtuk, hogy erős, de éreztük, hogy fáradt, hogy kell neki a biztatás. Erre a találkozóra sokunknak soha nem sikerül elmenni, mert a halál megelőzött bennünket. Sajnáljuk, mert nem tudtunk elköszönni, ezt pótoljuk most szárazan koppanó szavakkal, a fájdalomtól tompan, de mély együttérzéssel a családdal.

Amikor Juhász Gyula szavait idézem, hittel vallom a vers igazát Marikára vonatkozóan is:

*„Nem múlnak ők el, akik szívünkben élnek,
Hiába szállnak árnyak, álmok, évek,
Ők itt maradnak bennünk csendesen még...”*



Mert valóban igaz: Kedves kollégánk olyan hivatást választott, amely magában hordozta mindig is a felelősségérzetet, a tudás átadásának vágyát, a mozdulattal nevelés tudományát, az együttérzés szimpátiáját. Ilyen volt ő is, az örök pedagógus, aki soha nem a dicsőségért, hanem a rásugárzó, csillogó szemek biztatásáért, a gyermekek mosolyáért tette dolgát, s nem is akárhogyan.

Életének útja rövid, de nagyon mozgalmas, a sok gondot és problémát is beszámítva mégiscsak sikeres volt.

Somogyjádón született, ott is végezte az általános iskolát, majd a Munkácsy Mihály Gimnáziumban érettségizett és azután került a pécsi tanárképző főiskolára, ahol matematika-kémia szakos tanári diplomát szerzett. Mindig pedagógus szeretett volna lenni, és mindig tanítani akart. Így került 1971-ben a főiskola befejezése után Komlóra, de szíve visszahúzta őt közelebbi hazájába. 1977-től tanított iskolánkban. Munkájában és magánéletében is mindig a többre vágyás, a többet akarás jellemezte. Rendkívül igényes volt tanítványaival. A tehetségeket felkarolta, segítette, versenyeztette. Az indigós kisdolgozatokkal, a korrepetálásokkal a többieket is folyamatosan tanulásra készítette. Az iskolai munkában nem volt soha pardon. Tudta, hogy jó munkát csak fegyelmezetten lehet végezni, s amilyen szigorú volt önmagával szemben, ugyanolyan szigorral, de szeretetteljes szigorral kezelte tanítványait. Óráin volt ideje humorral oldani a feszültséget, s nevetni is lehetett, de soha nem másokon, csak a helyzetek fonákságán. Ő nem csak a jókkal foglalkozott, hanem dupla energiával figyelt a lemaradókra is. Volt szíve, akarata és ereje minden gyerekre odafigyelni. Régi tanítványai mindig bizalommal kereshették fel, mindenkinek segített. Jó volt látni azt a kapcsolatot, amit az osztályaival folyamatosan kialakított. Utolsó szerepléseik az iskolai színpadi

esteken példaértékűek voltak, a szeretetről szóltak és arról, hogy a közösségben mindenki egyformán fontos. Az életben, és a munkahelyén is mindenkor helytállt.

Azért tanult az utolsó években is, hogy még jobban megfeleljen az elvárásoknak. Azért dolgozott sok-sok éven át kémia szaktanácsadóként, mert hitte, hogy ott is szükség van rá és sokaknak segíthet.

Látáslag nagyon kemény, szigorú pedagógus volt, de aki ismerte, az tudja, hogy a valóságban olyan kollégánk volt, aki vágyott, mindenkinél jobban vágyott a szeretetre, a szép szóra, a dicséretre. Milyen kár, hogy a szép szavakkal, a köszönettel mindig szűkmarkúan bábunk, és csak akkor mondhatjuk el, amikor már késő. De hiszem, hogy az égi katedrán most ránk néz, és mosolyogva figyeli minden rezzenésünk. Most, hogy nem lehet már köztünk,

most látjuk, érezzük hiányát. A döbbenet most áll össze áthatolhatatlan csenddé, most érezzük igazán, hogy közlünk valót, szív-lélek pedagógus, akinek oly sok betegség után, családja mellett csakis az iskola jelentett perspektívát, ő volt az, aki már türelmetlenül várta a nyár végét, mert tudta, milyen nagy szükség van rá!

Vallottad, hitted, hogy semmire sem vagyunk jók, ha csak magunknak vagyunk jók. Te mindig másokért éltél, s ez adta meg számodra az élet valódi értelmét. A te életed példája nem csak tanítványaidnak, de kollégáidnak is minta lehet.

Anatole France írja valahol: „Minden változásnak... megvan a maga szomorúsága, mert az, amitől megválunk, önmagunknak egy része... az egyik élet számára meg kell halnunk, hogy egy másikba lépjünk.”

Dr. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Középiskolás tanulók feladatmegoldó stratégiái egyszerű sztöchiometriai problémákra

Bevezetés

A kutatások szerint a problémamegoldó stratégiák tanulói alkalmazása különböző tényezők függvénye. Schmidt (1994, 1997) szerint a német középiskolások, és újabb vizsgálatok alapján a svéd középiskolások is (Schmidt, 2003) egyszerű sztöchiometriai számítások esetén sikeresebben alkalmazzák saját stratégiáikat, de bonyolultabb feladatok megoldásakor már algoritmikus módszereket használnak. Reakcióegyenletek rendezésének vizsgálatkor azt tapasztaltuk (Tóth, 2004), hogy a magyar középiskolások saját rendező stratégi-

át (többnyire a próbálgatás módszerét) találnak ki, mielőtt az iskolában megismernék az oxidációs számmal való rendezés elvét. Még akkor is ragaszkodnak ehhez a módszerhez, amikor olyan bonyolult redoxi egyenleteket kell rendezniük, melyekre csak kis hatásokkal alkalmazható.

Ebben a tanulmányban a következő kérdésekre kerestük a választ:

1. vajon a magyar középiskolások – a német középiskolásokhoz hasonlóan – saját stratégiájukat használják-e az egyszerű sztöchiometriai problémák megoldásakor, vagy inkább az iskolában tanult algoritmusokat alkalmazzák, és

2. hogyan változtak az oktatás során ezek a stratégiák.

Felmérésünkben írásbeli teszteket használtunk. Schmidt kutatásaihoz hasonlóan egy egyszerű, két összetevőből álló vegyület volt a tárgy nyílt végű kérdésünknek:

„Hány gramm szén található 96 g MgC_2 -ben? Írd le a számítás menetét! $A_r(\text{Mg}) = 24$
 $A_r(\text{C}) = 12$ ”

Az adatokat a 2002/2003-as tanév végén gyűjtöttük. 17 hat- illetve nyolcosztályos gimnázium 2954 tanulójaiból 750 véletlenszerűen kiválasztott diák (7. – 11. osztály, 13 – 17 éves korosztály) vett részt a teszt megírásában. (A 7. osztálytól a 10. osztályig a tanulók heti 2 órában tanulták a kémiát, míg a 11. évfolyamon már csak kis részüknek volt kémiaórása.) A lány/fiú arány 1,58 volt.

Eredmények és diszkusszió

Schmidt munkájából (Schmidt, 1994, 1997) ismertek a következő stratégiák sztöchiometriai problémák kiszámítására.

1-es stratégia (mól-módszer)

1. A vegyület moláris tömegének kiszámítása:

$$M(\text{MgC}_2) = 48 \text{ g/mol}$$

2. A vegyület anyagszámjának kiszámítása:

$$n(\text{MgC}_2) = 96 \text{ g} : (48 \text{ g/mol}) = 2 \text{ mol}$$

3. Kiszámoljuk annak az elemnek az anyagszámát, amelynek a tömegére kíváncsiak vagyunk:

$$n(\text{C}) = 2 \cdot n(\text{MgC}_2) = 4 \text{ mol}$$

4. Az elem tömegének kiszámítása:

$$m(\text{C}) = (4 \text{ mol}) \cdot (12 \text{ g/mol}) = 48 \text{ g}$$

Tanulók	N ^a	Sikeres	Str 1 ^a	Str 2 ^a	Str 3 ^a	Ismeretlen ^a	Nincs vál ^a
7. évf.	171	26%	23% ^b (41%) ^c 46% ^d	13% ^b (36%) ^c 73% ^d	2% ^b (7%) ^c 75% ^d	13% ^b (16%) ^c 32% ^d	49%
8. évf.	166	36%	23% ^b (45%) ^c 79% ^d	16% ^b (32%) ^c 73% ^d	2% ^b (7%) ^c 100% ^d	18% ^b (17%) ^c 33% ^d	44%
9. évf.	142	47%	35% ^b (66%) ^c 90% ^d	15% ^b (19%) ^c 62% ^d	3% ^b (7%) ^c 100% ^d	11% ^b (7%) ^c 31% ^d	36%
10. évf.	144	56%	42% ^b (62%) ^c 83% ^d	16% ^b (24%) ^c 83% ^d	4% ^b (6%) ^c 83% ^d	13% ^b (8%) ^c 33% ^d	26%
11. évf.	127	47%	39% ^b (63%) ^c 78% ^d	8% ^b (17%) ^c 100% ^d	5% ^b (10%) ^c 100% ^d	9% ^b (10%) ^c 50% ^d	39%
Összes	750	41%	31% ^b (57%) ^c 77% ^d	14% ^b (25%) ^c 75% ^d	3% ^b (7%) ^c 92% ^d	13% ^b (11%) ^c 35% ^d	39%

1. táblázat

A sztöchiometriai feladat megoldásának eredményei

^aN: A teszt megírásában közreműködő tanulók száma, ^aStr 1: 1-es stratégia (mól módszer),

^aStr 2: 2-es stratégia (hármasszabály), ^aStr 3: 3-as stratégia (logikai módszer),

^aIsmeretlen: Azonosíthatatlan vagy kevert módszer, ^aNincs vál: Nem válaszolt.

^bAz adott stratégiát alkalmazó tanulók száma/Teljes tanulói létszám – százalékban.

^cAz adott stratégiát alkalmazó tanulók száma/A feladatot sikeresen megoldó tanulók száma – százalékban, ^aA stratégia sikeressége.

2-es stratégia („hármasszabály”)

1. A vegyület moláris tömegének kiszámítása:

$$M(\text{MgC}_2) = 48 \text{ g/mol}$$

2. A tömegek és moláris tömegek közötti egyenes arányosság felírása:

$$M(\text{MgC}_2) : 2M(\text{C}) = m(\text{MgC}_2) : m(\text{C})$$

$$(48 \text{ g/mol}) : (2 \cdot 12 \text{ g/mol}) = 96 \text{ g} : m(\text{C})$$

3. A kívánt tömeg kiszámítása:

$$m(\text{C}) = (96 \text{ g}) \cdot (2 \cdot 12 \text{ g/mol}) : (48 \text{ g/mol}) = 48 \text{ g}$$

3-as stratégia (logikai módszer)

1. A moláris tömegek arányának felírása:

$$M(\text{Mg}) : M(\text{C}) = 24 : 12$$

2. Megadjuk a tömegek arányát, a moláris tömegek, illetve az anyagmennyiségek arányainak segítségével.

$$M(\text{Mg}) : M(\text{C}) = 2 : 1;$$

$$\text{míg } n(\text{Mg}) : n(\text{C}) = 1 : 2,$$

$$\text{ezért } m(\text{Mg}) : m(\text{C}) = 1 : 1$$

3. A tömegek arányának megfelelően felbontjuk a vegyület tömegét:

$$98 \text{ g MgC}_2 = 48 \text{ g Mg} + 48 \text{ g C}$$

4-es stratégia (dimenzióanalízis)

$$x \text{ g C} = (96 \text{ g MgC}_2) \times [(1 \text{ mol MgC}_2) / (48 \text{ g/mol})] \times [(2 \text{ mol C}) / (1 \text{ mol MgC}_2)] \times [(12 \text{ g C}) / (1 \text{ mol C})] = 48 \text{ g C}$$

(Ez a módszer Európában nem terjedt el széles körben, annak ellenére, hogy az Egyesült Államokban igen közkedvelt.) A dimenzióanalízisről bővebben magyar nyelven A Kémia Tanítása című folyóiratban olvashatunk (Tóth, 2000).

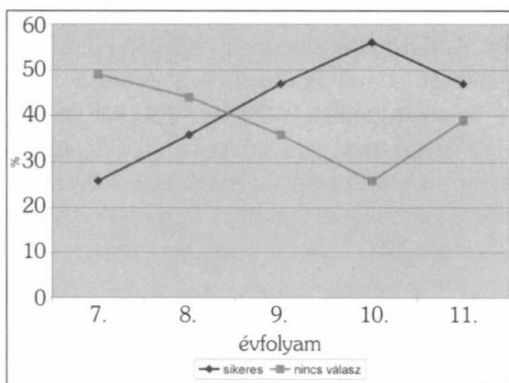
Az 1. táblázat vizsgálatunk főbb eredményeit mutatja be. Fontosabb részleteit külön ábrák segítségével szemléltetjük. Láthatjuk, hogy

1. az életkor előrehaladásával nő a helyes választ adó („sikeres”), és csökken a nem válaszoló („nincs válasz”) tanulók száma. Kivételt képez ez alól a 11. évfolyam. (A 11. évfolyam

mon tapasztalt visszaesés a kémiaórák hiányával magyarázható.) (1. ábra)

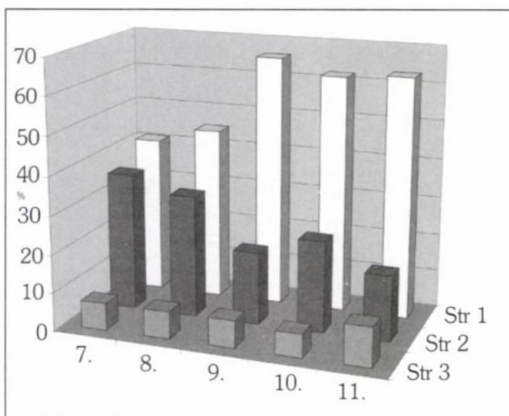
2. A magyar diákok az iskolában tanult stratégiákat részesítik előnyben, különösen az 1-est, a mól-módszert. Megjegyezzük, hogy 34 magyar kémiatankönyv közül 24 tárgyalja sztöchiometriai feladatok megoldását: 11 a mól-módszert (1-es stratégia), 3 a hármasszabályt (2-es stratégia) alkalmazza, és 10 könyv mindkét stratégiát bemutatja.

3. A 3-as, ún. logikai módszert alkalmazók száma nagyon alacsony, akár a teljes létszámhoz, akár a helyes választ adó tanulók számához viszonyítjuk.



1. ábra

A sikeres és nem válaszoló tanulók %-ban megadott aránya a teljes létszámhoz képest évfolyamonként



2. ábra

Az adott stratégiát alkalmazó tanulók %-ban megadott aránya a feladatot sikeresen megoldók számához képest évfolyamonként

4. Az 1-es stéigiát alkalmazó tanulók száma a 2-essel dolgozókéhoz képest nő az életkor előrehaladtával, jelezve, hogy minél képzetebbek a tanulók kémiából, annál inkább előnyben részesítik a mól-módszert még egyszerűbb sztöchiometriai problémák esetén is. (2. ábra)

Ezek a tények teljes ellentmondásban vannak Schmidt eredményeivel. Ő ugyanis azt állapította meg (Schmidt, 1994), hogy a német középiskolások a 3-as stratégiát használják inkább (a tanulók 50-60%-a adott helyes választ) az olyan egyszerű sztöchiometriai feladatok megoldása során, mint amilyen a mi tesztünkben is volt, és a tanulónak csak kis hányada (2-15%) alkalmazta a mól-módszert (1-es stratégia).

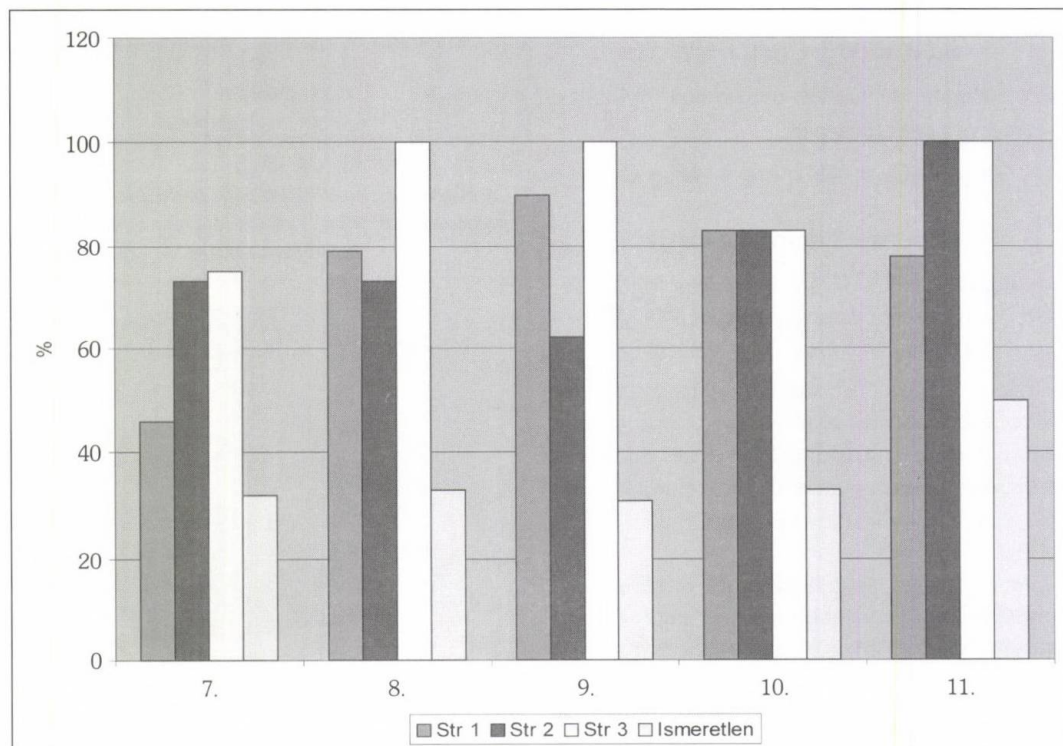
Sajnos a tanulók 9-18%-a azonosíthatatlan vagy kevert módszerrel dolgozott. Az 1. táblázatban megtalálhatjuk az ismert stratégiák sikerességét is, mely azt mutatja be, hogy az adott

stratégiát használó diákok hány százaléka számolt jól. Az adatokból kitűnik, hogy az ismert stratégiák sikeressége sokkal nagyobb mértékű, mint az azonosíthatatlan módszereké. A legsikeresebb a 3-as stratégia, kár hogy csak kevesen alkalmazták. (3. ábra)

Különbség figyelhető meg a lányok és a fiúk stratégia választása között. A lányok sokkal gyakrabban használták a hármasszabályt, mint a fiúk. (A lány/fiú arány 2,16.) A fiúk relatíve nagyobb arányban alkalmazták a mól-módszert vagy dolgoztak azonosíthatatlan stratégiával, mint a lányok. (A lány/fiú arány 1,24 és 1.) (A χ^2 -próba szerint a lányok és fiúk közötti különbség $p=0,05$ szinten szignifikáns.)

Végül nem hagyhatunk figyelmen kívül két tapasztalatot.

1. A tanulók egy része (13%) a problémát a magnézium és szén között végbemenő kémiai reakcióként értelmezte. Felírták a kémiai reakciót, és annak segítségével próbálták



3. ábra
A stratégiák sikeressége

meg kiszámolni a 96 gramm MgC_2 -ben a szén tömegét. Véleményünk szerint ez annak a következménye, hogy a kémiai problémák megoldása során a kémiatanárok és – tankönyvek kiindulási pontként a kémiai reakció felírását javasolják.

2. A másik figyelemre méltó észrevétel, hogy a tanulók 14%-a (a válaszadók 23%-a) használta a C_2 jelölést a MgC_2 -ben lévő szén leírására. Ezek a tanulók egy egységnek tekintették a C_2 -t. Így azt válaszolták, hogy 96 g MgC_2 48 g „ C_2 ”-t tartalmaz, vagy – néhány esetben – „48 g C_2 -t tehát $48 : 2 = 24$ g C-t”. Szerencsére e tanulók száma a 7. évfolyamtól a 11. évfolyam felé haladva kevesebb, mint a felére csökken.

Következtetések

Megállapíthatjuk, hogy – a német középiskolásokkal ellentétben – a magyar diákok az iskolában tanult stratégiákat (mól-módszer és hármasszabály) alkalmazzák sztöchiometriai feladatok számításakor. A sikeresség és az – 1-es stratégia : 2-es stratégia – arány növekszik a tanulók életkorának (és az oktatás) előrehaladásával.

Eredményünk a következő kérdést veti fel: Mi az oka annak, hogy adataink teljes ellentétben vannak a korábbi német vizsgálattal? A kérdés megválaszolásához további kutatásokra van szükség, de három lehetséges magyarázatot tartunk valószínűnek:

1. Az általunk kitűzött feladat eltér a Schmidt vizsgálatában szereplő eredeti problémától a MgC_2 tömegében. Schmidt 6 g-ot választott. Szerinte: „A vegyület teljes tömegének olyan számot kell választani, hogy könnyen két részre bontható legyen, akár a moláris tömegek, akár a tömegek vagy az anyagmennyiségek arányát vesszük figyelembe.” (Schmidt, 1994). Ebből a tömegből azonban nem kapunk egyszerű számot az anyagmennyiségre vonatkozóan ($6/48 = 0,125$) és ez megnehezítheti a mól-módszer használatát. Mi azért írtunk 96 g-ot a feladatba, mert

ez nem csak könnyen kettéosztható mennyiség, hanem ebből az anyagmennyiség is könnyen számítható.

2. Ahogy azt korábban említettük, Magyarországon inkább a mól-módszert helyezik előtérbe, szemben Németországgal, ahol inkább a hármasszabályt tanítják (Schmidt, 1994). Megjegyezzük, hogy a hármasszabály (2-es stratégia) sokkal közelebb áll a logikai módszerhez (3-as stratégia), mint a mól-módszer (1-es stratégia).
3. A német 11., 12. és 13. évfolyamos hallgatóknak heti 3 vagy 5 kémiaórája van, így valószínűleg sokkal jártasabbak a kémiai problémák megoldásában, mint a mi 7., 8., 9., 10. és 11. évfolyamos tanulóink, akiknek csak 2 kémiaórája van hetente. Valószínű, hogy a szakértő könnyebben alkalmazza a logikai módszert, mint a kezdő, aki a probléma megoldásához algoritmust használ. Ha ez így van, akkor javaslatunk az osztálytermi gyakorlathoz: érdemes lenne kipróbálni a Schmidt (1997) által leírt módszert a sztöchiometriai problémák bevezetések, és így továbbfejleszteni a tanulók problémamegoldó gondolkodását.

Irodalom

- [1] Schmidt, H.-J., Stoichiometric problem solving in high school chemistry, International Journal of Science Education, 16, [2], 191-200, 1994.
- [2] Schmidt, H.-J., An alternate path to stoichiometric problem solving, Research in Science Education, 27, [2], 237-249, 1997.
- [3] Tóth Z., Kémiai számítások dimenzióanalízissel, A Kémia Tanítása, 8, [1], 23-25, 2000
- [4] Schmidt, H.-J., Jignéus, C., Student' strategies in solving algorithmic stoichiometry problems, Chemistry Education: Research and Practice, 4, [4], 305-317, 2003
- [5] Tóth, Z., Students' strategies and errors in balancing chemical equations, Journal of Science Education, 5, [1], 2004. (publikálás alatt)

Dr. Szalay Tibor

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

I. A beton- és vasbeton-szerkezetek időszerű kérdései*

(OTKA TO 32-055: Betonszerkezeti állapotjellemzők kárhalmazódás okozta változásai, a diagnosztikai vizsgálat eszközei, a megelőzés és felújítás lehetőségei)

Bevezetés

Az ún. pécsi „toronyház” elhíresült (1985) károsodásával összefüggésben, abban a megtiszteltetésben részesültem, hogy részt vehettem az ok-okozati problémák feltárásában és értelmezésében. Ezt követően – vélhetően e tevékenység elismeréseként – társulhattam a BME Vasbetonszerkezetek Tanszék, illetve a BMGE Hidak és Szerkezetek Tanszék OTKA pályázataihoz. Ezek keretében a vonatkozó irodalom kritikai feldolgozása lett az elsődleges feladat. Kémikusként, nyilván elfogultan és csaknem kívülállóként, kísérelem meg az ennek során levont következtetéseket, kissé tömörítve és leegyszerűsítve közreadni.

Az egyik legérdekesebb ténynek gondolom, és ezért követésre készítőnek találtam Clarknak, a birminghami egyetem szerkezetmérnök professzorának a tervezőmérnök-képzésről írt cikkében azt a közlést (egy ábra aláírásában!), hogy náluk „két lábra” helyezték a képzést:

a hallgatók általános mérnöki- és vegyészmérnöki alapképzésben részesülnek. (Clark, L.: Concrete education in a changing world /= A beton oktatása változó világunkban/. CONCRETE, January 2000. pp. 24-25.)

Természetesen ennél is fontosabb, hogy a kémia mellett, a matematika, a fizika és általában a műszaki tudományok felgyorsult fejlődése, de különösen a szilárdtest-fizika és -kémia kialakulása, továbbá az integrálódással létrejött anyagtudományok eszköz- és módszertára, soha nem remélt módon tette lehetővé a különböző anyagi rendszerek, közöttük a **beton és vasbeton**, mind tökéletesebb megismerését. Így vált lehetővé nemcsak mikro-, hanem már molekuláris szinten is, a ki- és átalakulás, illetve károsodás stb. folyamatainak a jobb megismerése, modellezése és tökéletesebb megértése. (L. különféle elektronmikroszkópok és -mikroszondák, képfelbontó analízátorok, termomérlegek, röntgen-diffraktométerek, radar- és ultrahang-technikák stb.)

A cementkő és a beton molekuláris felépítése és szerkezete

Általánosan ismert, hogy a beton minősége elsősorban a betonkeverék összetételétől és kezelésétől függ, tartóssága azonban – legalább ennyire – a környezeti tényezőktől is. Mindenekelőtt tehát attól, hogy **mennyi és milyen minőségű** (mennyire szen-

* A beton olyannyira hétköznapi anyag, hogy már-már nem is veszünk tudomást róla, pedig kíváncsi tanulóink könnyen megkérdezhetik: „Mi a beton? Hogyan köt meg a cement? ...” Ahhoz, hogy ezekre és ehhez hasonló kérdésekre értelmes válaszokat adjunk e háromrészes cikksorozat sokat fog segíteni.

nyezett!) *portlandcementet*, *adalékot* (folyami kavicsot és homokot), *vizet* és – esetleg – *adalékszert is tartalmaz*. (Még felsorolni is sok a rendkívül sokféle hatást kiváltó adalékszert. Itt csak utalni lehet arra, hogy pl. titoktartási kötelezettség miatt, az előírások és használati utasítások rendkívül korlátozottak, szűkre szabottak, sőt olykor már megtévesztőek, vagy netán félrevezetőek.)

A tapasztalatok nyomán a *portlandcement* (PC) minősége, kémiai és ásványi összetétele úgy optimalizálódott, illetve vált általánosan elfogadottá, hogy benne a **bázisanhidrid kalcium-oxid** (CaO) jelentős (10-20 %) **főlétségen van a savanhidrid szilíciumoxid-féleségekkel**, a különféle összetételű „szilikáttal” **szemben**. (A cement ásványi fázisai vizet vesztek, különböző összetételű kalcium-szilikátok, betűképlettel kifejezve pedig a következők: C_3S (50-70 %), $\beta\text{-C}_2\text{S}$ (20-30 %), C_3A (5-12 %), C_4AF (5-12 %), ahol $\text{C} = \text{CaO}$, $\text{S} = \text{SiO}_2$, $\text{A} = \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{F} = \text{Fe}_2\text{O}_3$, de lehetnek még: $\text{CH} = \text{Ca(OH)}_2$, $\text{Cs} = \text{CaSO}_4$ és $\text{H} = \text{H}_2\text{O}$.)

A betonmassza összekeverését követően, a friss betonban, a **cement hidratációja** következtében előbb **cementgél**, majd megszilárdulás után **cementkő** jön létre. A sav- és bázisanhidrid-oxidok tehát előbb vízmolekulákat vesznek fel, majd adnak le. Formálisan felírva – Si-O-Ca-O-Si – kötések jönnek létre, a véghelyzetű – SiO/OH/ – csoportokból, és a kalcium-hidroxidból (Ca(OH)_2)-ból.¹ **A beton lényegét jelentő cementkő** azonban valójában oxigénhidakkal összekapcsolt, több-kevesebb $\{\text{SiO}_4\}$ – tetraéderből álló, **térbeli szilikátrácsból épül fel**, amelynek negatív töltését, túlnyomóan kalciumionok kompenzálják. Szakberkekben ezt nagyon leegyszerűsítve, a CSH betűszóval fejezik ki, minthogy a beton egésze egy nagyon bonyolult és pontosan nem megadható, változatos összetételű és állandó változás-

ban lévő anyagi rendszer. Tekintettel arra, hogy az adalékok is többnyire szilikátásvány-féleségek, ezért a felületükön lévő „alvó” – SiO/OH/ – csoportokat – a hidratációs reakcióhoz – aktiválva, következőképpen a cementből képződő cementkőhöz kémiailag, vagyis erősen kötődnek.

A CSH betűszó kiemeli a cementkő (és egyben a beton) 3 főkomponensét: a kalcium- és a szilikátiont, valamint a vizet.

A víz többszörös szerepe a betonban

A cementkő kialakulásakor a víz előbb reaktáns, majd termék (szerkezetalkotó főkomponens), reaktánsársainak oldószer, de mint ilyen, nemcsak a molekuláris, hanem a mikro- és makrokomponensek mozgását is elősegíti, vagyis egy **többszintű anyagtranszportot fenntartó**, valamint a nyomás és a hőmérséklet kiegyenlítődesét szolgáló közeg. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a víz ezt a többszörös szerepét nemcsak a beton kialakulásakor, hanem a megszilárdulás után is betölti a kész betonban, ekkor azonban már közel sem előnyösek, kifejezetten károsak.

A betonmassza egyik legfontosabb, egzaktan kifejezhető jellemzője, ezért fontos előírási, illetve ellenőrzési követelmény a víz/cement – tényező, vagy **v/c -arány**, újabban pedig a v/b, ahol b = az összes bekevert hidraulikus, vagyis cementáló tulajdonságú anyag mennyisége.

A PC megkötődéshez szükséges víz mennyisége, v/c -ben kifejezve, kb. 0,25. Az ilyen beton azonban nem bedolgozható. Napjaink egyik fejlesztése, a nagy teljesítményű és nagy szilárdságú, vagyis **szuperbeton**, amelynek kezelhetőségét (v/b = kb. 0,35 érték tartását, a szokásos kb. 0,55 helyett) *felületaktív folyósítókkal* (plasztifikátorok és szuperplasztifikátorok alkalmazásával) érik el.

¹ Az SiO_2 fő kristálymódosulatai végtelen elrendeződésű, tetraéderes $\{\text{SiO}_4\}$ -egységekből tevődnek össze, amelyekben a tetraéder csúcsai közösek. Nehézségekbe ütközünk, ha szilikáttal akarunk reakcióegyenletet felírni. Mégis – szükségszerű egyszerűsítéssel – meg lehet adni az $\text{SiO}_2/\text{OH}^{2-}$ és SiO/OH/ anionok, illetve a véghelyzetű („terminális”) csoport összetételét is ($-\text{SiO/OH/}$).

A beton „ujjlenyomata”, a pórusfolyadék

Aegszilárdulás közben a betonban, zárt- vagy **légpórusokból** és nyitott vagy **kapilláris pórusokból** álló **pórusrendszer** jön létre, amelynek mérete és eloszlása nagymértékben függ a massa víztartalmától. A kapilláris pórusokba bezáródó folyadék telített kalciumhidroxid-oldatnak tekinthető, *kezdetben domináns benne az alkálifémhidroxid-tartalom*, de a múlt idővel a *kálium és nátriumionok* kiúgyozódnak. A pórusokban gyűlnek össze az olyan *rendszeridegen ionok* is, mint pl. a *klorid- és szulfátionok*. Ezek az anionok akkor válnak veszélyessé, ha bármilyen okból a koncentrációjuk megnövekszik. Érdekes megjegyezni, hogy az EU-szabvány a bekevert klorid mennyiségét – cementre számolva – 1 % értékben korlátozza, de a behatoló már nem haladhatja meg a 0,2; sőt feszített betonszerkezetekben már a 0,1 %-ot sem!

Könnyen belátható, hogy az idegen anyagok és a nedvesség behatolása a beton átjárhatóságától, ismertebben permeabilitásától függ. Ez pedig a tömörség függvénye, amiben a pórusrendszer minősége (viszonylagos nagysága, vagyis összes térfogata és eloszlása) a döntő tényező. Arra is érdemes rámutatni, hogy *a beton átmedvesedésében jelentős szerepe van a felületi kapilláris pórusok beszívó hatásának*.

A beton-, de különösen a vasbeton-szerkezetek egészében nem kevésbé fontosak az átmeneti zónák, vagy rétegek is, amelyek az acélbetétek és az adalékok határfelületén alakulnak ki, illetve azok a folytonossági mikro- és rácshibák, amelyek akár kezdetben, akár használat közben, bármilyen oknál fogva jönnek létre. Minthogy az anyagtranszport e folytonossági hiányokon keresztül jelentősebb lehet, mint csak a pórusokon át.

A pórusfolyadék összetétele meghatározásának kritikus pontja és nagy nehézsége a szilárd betonmátrix és a folyadék-fázis szétválasztása. Ehhez 3000 atm-nál is nagyobb nyomást alkalmaznak, de könnyen belátható, hogy az így ki-

nyerhető folyadékot a szilárd mátrixréteg megszűri, vagyis kinyomatás közben az összetétel, szorpció és ioncsere következtében, megváltozik.

Jóllehet, a betonszerkezet minőségét és állapotát a legjobban a pórusfolyadék összetétele, és mindenekelőtt a pH-ja, jellemzi. A vázolt bizonytalanság miatt általában, modellezéssel határozzák meg pl. a friss beton pórusfolyadékának a pH-ját. A szokásos összetételű betonok esetében, már az első órákban, a pH = 13 körüli értéket ér el, 28 napos korban pedig ez kb. 13,8 lesz.

A mikroszilikátok alkalmazása

Atalunk már arra, hogy a PC-ben főleg- ben van a kalcium-oxid, a hidratáció után pedig a kalcium-hidroxid, mely utóbbi a beton leggyengébb láncszeme. Tekintettel arra, hogy ez könnyen kimosódik, illetve a levegőből behatoló szén-dioxiddal és az ebből képződő karbonáttal reakcióba lép, kalcium-karbonátot képez, miközben a visszamaradó hidrogénionok fokozatosan lerontják a beton „természetes” lúgosságát. Ez a savanyodás, pH = 10 körül kezd kritikussá válni, mert ekkor pl. az acél passzív rétege elveszti védő hatását és beindul, majd felgyorsul az acélbetétek korróziója.

Az utóbbi évtizedekben a főlös kalcium-oxid, vagy -hidroxid megkötésére *elterjedt az ún. puccolántulajdonságú anyagok használata*. (L. természetes eredetű traszok /vulkáni „hamu”, ipari hulladékok és melléktermékek /szilikapor, szálló-, vagy kemencealj pernye és hamu, vagy őrlött granulált kohósalak/.) Közös jellemzőjük, hogy nagy az „aktív kvarc”-(-SiO/OH/-csoport) tartalmuk, ezért a főlös mennyiségű kalcium-hidroxiddal, *járolékos kalciumszilikát-hidrátot* (+CSH) képeznek, tömörítik a betont. Ezt még úgy is elősegítik, hogy kis (μm -es) méretűknél fogva, csapágygolyó módjára megkönnyítik a durvább adalékszemek és -szemcsék egymásmelletti elmozdulását, másrészt teljesen átgélesednek, és tökéletesebben vonják be az adalékok felületét, mint a ha-

gyománys cementenyv. Következésképpen a cementkövet erősebben kötik az adalékokhoz.

Az öntömörödő beton

Az öntömörödő betont alig több mint 10 éve fedezték fel Japánban. Ez lényegében az előbbieken már érintett szuperbetonnak egy továbbfejlesztett változata. Benne kulcsszerepe van a lisztfinomságúra őrlött mészkőpornak, mint töltelékanyagnak, vagy finomadaléknak és a felületaktív folyósítónak, vagy képlékenyítőnek. (Ez utóbbi egyébként, mint láttuk a bekeverő víz mennyiségének a csökkentését teszi lehetővé. A mészkőpor a csapágygolyó-szerp mellett, a víz egyenletes eloszlását is szabályozza, homogenizálóan hat a friss betonban.)

Az öntömörödő betonhoz, folyósító szerként polikarboxilát-étert adagolnak, éspedig a cementre számítva, kb. 1 % mennyiségben.

A hagyományos vibrációs és az öntömörödő betont úgy hasonlítják össze, hogy kb. 5-5 liter térfogatú mintákat, slump-, vagy „terülés”-vizsgálatnak vetik alá. Ekkor egy csonka kúp alakú edényből, polírozott vaslapra engedik kifolyni az egyes mintákat. A friss betonminta átmérője – induláskor – a maximumnál kb. 25 cm, néhány perc elteltével pedig: (i) a vibrációs beton körtealakot vesz fel, és így az új maximumnál az átmérő kb. 35 cm, (ii) az öntömörödő beton viszont mézszerűen elterül, miközben kiszorítja a levegőt, és kb. 83 cm átmérőjű, közel egyenletes rétegvastagságú lepényalakot vesz fel.

Egy másik vizsgálatban pl. egy kb. 10 cm átmérőjű, u-alakú, akrilüveg-edény alsó szelvényében, a csőfallal párhuzamosan, betonacélpálcákat rögzítettek úgy, hogy rájuk merőlegesen, acélcsonkokkal kötötték össze őket. A kb. 70 cm magas „közlekedési edény” egyik száraiba beöntötték az öntömörödő betonmintát. Néhány perc elteltével, a másik szárnál kb. – 3 cm

szintkülönbséggel, vagyis csaknem azonos magasságban, állt be a beton.

Magyarázat: A cement- és mészkőpor (kolloidméretű /1-500 μm /) szolrészecskéinek² felületi elektromos töltése eltérő, mert kémiai és ásványi összetételük különbözik. Következésképpen a hagyományos betonban ezek a szemcsék elektrosztatikusan összetapadnak. Ezek az összenövészek (konglomerátumok) a friss betont nehezen mozgóvá, nagy viszkozitásúvá teszik. A fellépő súrlódó erők meggátolják a massa szétterülését. Ezzel szemben az öntömörödő betonban, a polikarboxilát-éter, mint amfotertenzid (a molekula hidofil része kettős- vagy ikerionos természetű), „kiegyenlíti” a szolrészecskék felületi elektromos töltését, ezért nem következik be a szemcsék agglomerizációja. A massa mézszerűen folyik, illetve terül, ezért spontán kitölti a rendelkezésre álló teret, még akkor is, ha pl. betonacél-váz kerül az útjába.

Könnyen belátható, hogy az öntömörödő betonnal munka- és energia-megtakarítás érhető el, minthogy alkalmazásával csökkenthető a betonbedolgozás költsége. Ugyanis a vasbetonszerkezetek formába öntésekor nem kell pl. vibrátorokat használni, vagyis egy teljes munkafázis kiesik.

Az öntömörödő betonnak értelemszerűen megnő a teljesítőképessége és nagyobb lesz a szilárdsága is.

Összefoglalás

Itt az írásban arra törekedtem, hogy bemutassam, hogyan segítette elő a kémia, de legfőképpen a szilárdtest-fizika és -kémia, illetve az anyagtudományok eszköz- és módszertára a műszaki tudományok és a technika dinamikus fejlődését. Ennek következtében pedig, hogyan hasznosulnak az új ismeretek az építőiparban, különösképpen pedig a beton- és a vasbeton-szerkezetek vonatkozásában.

² A vizes közegben diszpergált, kolloidméretű szilárd részecskéket tartalmazó rendszereket hidroszoloknak nevezzük.

Dr. Galbács Zoltán

Tüzelőanyag-elem, energiacella (fuel cell)

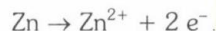
Az utóbbi évtizedekben ismételten előtérbe került energiaforrások alapját Davy (1802) kísérletei nyomán kétszáz éve ismeri az emberiség. Grove (1839) figyelte meg, hogy ha kénsavoldatot platina elektródokkal elektrolizált, majd az elektrolízist félbeszakította, akkor az elektrolizáló árammal ellentétes irányú áram volt észlelhető. (Az elektrolízis során a + és - töltésű elektródokon képződő O_2 és H_2 gázok buborékok formájában a platina elektróddal érintkezésben maradtak. Az elektrolízist megszüntetve a gázok a platina felületén visszaalakulva ellentétes irányú áramot fejleszthetnek. Ez az egyszerű és manapság minden iskolában, laboratóriumban elvégezhető kísérlet tekinthető a hidrogén-oxigén tüzelőanyag-elemek őseinek.)

Annak ellenére, hogy a jelenséget korán felismerték, mégis, a fejlődés más irányba indult. Az elektromosság megismerése „forradalmasította” a fejlődést. Szükségessé vált az elektromosság egyre bővülő előállítás, azonban erre nem az energiacellákat, hanem az elemeket (galvánelemeket), akkumulátorokat és a dinamókat (generátorokat) használták. Kevésbé ismert az, hogy az „autó” megjelenésekor kezdetben azt főképp elektromossággal (elemmel, akkumulátorral) hajtották, és később vált túlnyomóvá a robbanómotoros hajtás.

Mivel az idegen elnevezés (fuel cell) a hazai szakirodalomban is többféleképpen használatos, célszerű a fogalmak tisztázása.

A közismert **galvánelem**eknél van két különböző elektród, amely elektrolitba merül, és térben egymástól elkülönül, (elektro)kémiai átalakuláson megy keresztül. Az egyik elektród

(pl. a cink-réz galvánelemnél) a cink oldatba megy:



Miközben az elemi cink oxidálódik, az elektródon hátrahagy atomonként 2 db elektront. Ezek az elektronok a működő elemnél a külső áramkörön (fémes vezetón) áthaladva jutnak a másik elektródhoz. Ott az elektrolitba merülő másik, esetünkben réz elektródon az elektrolit valamelyik komponensét képesek redukálni, annak az elektront átadni. Az áramkörbe kötött elem belsejében az ionok mennyisége és minősége változik meg, miközben a külső körben elektronok haladnak (és munkát végeznek). Az áram mindaddig fennmarad, amíg az elektród el nem fogy (pl. a zseblámpaelem, ceruzaelem (Leclanché-elem) „kifolyik”, mert a cink elektród, mely az elem külső burka, kilyukad) vagy az elektrolitban lejátszódó másodlagos folyamatok meg nem akasztják az áramtermelést. Lényeges, hogy az anyagi átalakulás termeli az áramot. Ha az elem „kimerül”, új elemet kell készíteni. Az elemek még manapság is használatosak, mert a nem helyhez kötött felhasználó áramellátását tudják biztosítani (kis áramfelvételnél) elfogadható ideig. A nagyothalló készülékek, „sétáló-magnók”, karórák, zsebszámológépek, zseblámpák, TV-távszabályozók stb. mind különböző típusú elemmel működnek

Az **akkumulátorok** az elemektől abban különböznek, hogy olyan elektródból készülnek, amelyek elektromos árammal regenerálhatók. A használatba vett akkumulátor áramot ad, miközben az elektródja(i) kémiailag átalakul(nak). Miután a használatból kimerült, rákap

csolják egy egyenáramú forrásra, és elektrolízissel visszaalakítják az elektródokat. A legismertebb akkumulátor az autókban használt kénsavas ólomakkumulátor. Ennél az egyik elektród az ólom-dioxid, a másik elektród az elemi ólom. Működéskor a $\text{Pb}^{4+} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$ redukció játszódik le az egyik elektródon, s a másikon a Pb oxidálódik Pb^{2+} -vé. Az atomonkénti 2 elektronnyi változás a külső körben „működteti” pl. az autó önindítóját. Nagy előnye az akkumulátornak, hogy árammal regenerálható, (és nem kell minden használat után „eldobni” úgy, mint az elemeket). A regenerálás azonban energiapazarló folyamat, mert több áramot kell a töltéskor felhasználni, mint amennyit visszakupunk az akkumulátor működtetésekor. Akkumulátorokat általában ott használunk, ahol időlegesen nagyobb áramfelvétellel is szükség lehet, fontos az elektromos hálózattól való függetlenség, vagy ahol nagyon költséges lenne mindig új elemet használni. Tipikus alkalmazás az elektromos targonca, gépkocsi, színházak vészvilágítása, mobiltelefon stb.

A **dinamó (generátor)** mechanikai munkát alakít át elektromos energiává. Egy otthoni példa erre az autó generátora, amelyet a robbanómotor hajt meg. Az ehhez szükséges mechanikai energiát pedig valamely éghető anyag égésével állítjuk elő. (Az autó esetén pl. a benzinből.) Sajnos, mire az éghető anyagból elektromos áram lesz, az üzemanyagban tárolt kémiai energia jelentős része elvész az egyes átalakítások rossz hatásfoka miatt. Gondoljunk arra, hogy egy ország a villamos energiát szén-erőművekben állítja elő. A szén égésekor képződő hő víz forralására használják. A gőzzel turbinát hajtanak, amely mechanikai energiája alakul át villamos energiává a meghajtott generátorokban. Mivel az erőmű kéményén keresztül távozó meleg gázokkal, hővezetéssel, az átalakítások rossz hatásfokával sok energia elvész, a fogyasztóhoz a szén kémiai energiájának csupán kb. 20%-a jut el elektromosság formájá-

ban. A villamos energia legnagyobb mennyiségét mégis hőből, fosszilis energia hordozók égésével (szén-, gáz-, és olajtüzelésű erőművekben) vagy atomhasadásból származó hőből (atomerőműben) állítják elő.

A **tüzelőanyag-elemeknél** (energiacellákban) ugyancsak kémiai átalakítást végzünk, amelyet elektron leadás és felvétel kísér. A galvánelemtől lényeges különbség, hogy itt az elektródon az elektrokémiai átalakuláshoz szükséges anyagot kívülről tápláljuk be, maga az elektród nem fogy el. Az elem ezért lehet kicsi, nálánál sokkal nagyobb az a tartály, amelyből az „üzemanyagot” adagoljuk. Elméletileg az elemet nem kell „eldobni”, az addig működik folyamatosan, amíg kívülről üzemanyagot adagolunk.

Az elv szemléltetéséhez nézzük az elterjedt hidrogén-oxigén üzemanyag cella működését (egyszerűsítve).

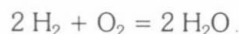
Az egyik elektródon a hidrogén (mint az egyik üzemanyag) oxidálódik, miközben lead elektront:



Ez az elektron a külső áramkörön keresztül haladva (és munkát végezve) a másik elektródra jut. Ott az oxigénből (mint a másik üzemanyagból) oxigén-iont képez, amely az elektrolit valamely komponensével kombinálódik:



A teljes kémiai átalakulás eredményeképp víz keletkezik:



A hidrogén és oxigén üzemanyagokat közvetlenül is elreagáltathatnánk. Ekkor jelentős hő szabadulna fel, amellyel ugyanúgy, mint a szén-erőműben, elektromos áramot fejleszthetnénk. Könnyű belátni, hogy előnyösebb az elektródokon „közvetlenül” elektromosságot fejleszteni, és elkerülni akár csak a hidrogén égésekor képződő hő veszteségét.

A tényleges folyamatok sokkal komplikáltabbak. A nagyobb mérvű kutatás az 1930-as években indult. Az igazi áttörés azonban az 1960-as években következett be, és napjainkra igen sok fajta üzemanyag cellát fejlesztettek ki.

Az űrhajózás, az ember űrutazása „kényszerítette” ki az üzemanyag cellák fejlesztését. Ha a Holdra utazó ember akkumulátorral kívánta volna megoldani az űrhajó áramellátását, akkor igen tetemes többletsúllyal kellett volna számolni, amely az induló rakéta súlyát és költségét igen megnövelte volna. Az üzemanyag cellák (legalábbis a hidrogén-oxigén alapú cellák) végterméke a víz, nem mérgező, sőt az ember által fogyasztható (az űrhajóban) is.

Napjainkra újabb „kényszerítő” körülmények serkentik az üzemanyag cellák fejlesztését. Az autózás területén is változások várhatók. Felrémlett annak veszélye, hogy hamarosan elfogy a Föld olaj és földgáz kincse, és nem lesz az autók számára üzemanyagunk. Mivel az emberiség annyira hozzászokott az autózáshoz, hogy nem tud lemondani róla, keresni kell az alternatív hajtás lehetőségeit. Ez csak az elektromos hajtás lehet.

A kezdeti, akkumulátoros autókkal végzett kísérletekből kiderült, hogy a hagyományos akkumulátorokból (pl. a NiFe-, NiCd- vagy ólomakkumulátorból) olyan nagy súlyt kellene magunkkal vinni, (hogy eljussunk 200-300 km távolságra újratöltés nélkül), amely mellett szinte nem maradna hely a csomagok számára. (Ráadásul a nagy tömeg a gyorsulást és fékezést is nehezítené. Talán könnyen kibányászható ólom se lenne minden ember elektromos autójához.(!?))

Az üzemanyag cellák ideálisnak látszanak. Kicsi a tömegük. A működésükhöz szükséges üzemanyagok közül az egyik ugyanúgy lehet a levegő, mint a hagyományos Otto-motoroknál (a jelenlegi benzinüzemű robbanómotoroknál). A másik üzemanyagot tartályban magunkkal vihetjük majd, és tankolhatjuk ugyanúgy, mint most a benzint.

Az üzemanyag cellák járulékos előnye, hogy nem adnak mérgező „kipufogó” gázokat. Üzemanyag cellákkal jobb környezetvédelmi paraméterek érhetők el, mint a legjobb katalizátorral felszerelt benzines, robbanómotoros autóval. Különösen ott intenzív az üzemanyag cellák fejlesztése, ahol célul tűzték ki a zérus (káros-)emissziójú autók alkalmazását (pl. az USA-ban).

Könnyen belátható az is, hogy az üzemanyag cellák hatásfoka, üzemanyag hasznosítása is jobb, mint a robbanómotoroké. Itt ugyanis nincs jelentős hőfejlődés, nem kell a kipufogó gázokkal, a robbanómotor házának hűtésével haszontalanul elveszíteni az energia jelentős részét.

A fejlesztések mára sokfajta üzemanyag cellát produkáltak. Pl. a hagyományos oxigén-hidrogén üzemanyagú cellának is több megvalósítása lehetséges a szerint is, miként oldjuk meg a hidrogén és oxigén üzemanyagok szállítását.

A hidrogén szállítható

- gázpalackokban (vastag falú tartályban, nyomás alatt tárolva),
- cseppfolyós állapotban (gondosan hőszigetelve),
- LiH alakjában,
- átmenetifém hidridekben kötve,
- NaBH₄ alakjában,
- NH₃ formájában és helyileg felszabadítva,
- ciklohexán formájában (benzollá alakítva) stb.

Az oxigén szállítható

- gázpalackban (vastag falú tartályban, nyomás alatt tárolva),
- cseppfolyós állapotban (gondosan hőszigetelve),
- hidrogén-peroxid formában (és helyileg elbontva nyerhető oxigén),
- a levegőből kivonható (ha a Földön használjuk).

A szerint is választhatunk, hogy milyen üzemanyagunk van. Készülnek hidrogén, hidrazin, ammónia, szén, szén-monoxid, nátrium,

földgáz, kőolaj, szénhidrogén frakcióval (meléktermékekkel), metanollal, etanollal stb. táplált üzemanyag cellák. (A másik elektród üzemanyaga oxigén vagy levegő.)

Az üzemanyagot biokémiai folyamatokkal is előállíthatják. Mikroorganizmusokkal akár nem túlságosan tiszta, szerves és szervetlen vegyületeket tartalmazó oldatokból is lehet üzemanyagokat előállítani.

Pl. bioanód lehet:

- karbamid $\rightarrow$ NH_3 (Bacillus pasteurii, Mikrococcus urea),
- $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ (Desulphovibrio desulphuricus),
- szénhidrát $\rightarrow \text{H}_2$ (Clostridium cellobioparus),
- hangyasav $\rightarrow \text{H}_2$ (Escherichia coli),
- szénhidrát $\rightarrow$ etanol (Saccharomyces).

Pl. biokatód lehet:

- $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ (Methanobacillus),
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$ (algák+fény),
- $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$ (Micrococcus denitrificans).

Az egyéb igények kielégítésére a működési hőmérséklet, az elektrolit fajtája, az elektroliton belüli töltésvezetés szerint is épülnek különböző üzemanyag cellák.

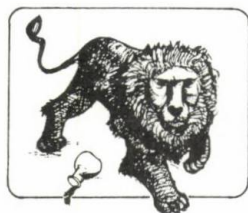
- Üzemi hőmérséklet lehet: 0-100, 100-250, 500-900 °C.
- Áramvezetés: hidratált ionokkal, ionvándorlás a só oldadékban, O^{2-} ionok vándorolnak a kristályrácsban.
- Elektrolit lehet: közepes töménységű vagy tömény KOH, kénsav, foszforsav; $\text{HF} + \text{CsF}$, Cs_2CO_3 oldat; Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 oldadék; $\text{ZrO}_2 + \text{Y}_2\text{O}_3$ kerámia.

Felmerülhet, ha a működési elv ennyire egyszerű, és olyan sokféle építése lehetséges, miért haladt vontatottan az üzemanyag cellák kifejlesztése és elterjesztése? Anélkül, hogy a bonyo-

lult részfolyamatokat megismertetnénk, néhány technikai problémát említve érzékeltethető a megvalósítás nehézsége:

- Ha az elektródfolyamatban gáz reagál el, akkor az elektródot porózusra kell készíteni. A gáz pótlását úgy kell szabályozni, hogy a gáz ne lepje el (ne borítsa be buborékokkal) teljesen az elektródot, hogy legyen lehetőség az elektród-elektrolit kölcsönhatásra.
- Az elektródnak vagy csak a felületének olyan katalizátorból kell készülnie, amely képes az üzemanyag átalakítására. Minél hatásosabb a katalizátor, annál gyorsabb az átalakítás, s annál nagyobb áramot tud adni az üzemanyag cella.
- Ha a tiszta oxigén helyett levegőt táplálunk be, akkor egy idő múlva az üzemanyag cellában felhalmozódhat az el nem reagáló nitrogén (a levegőből), s ezt időnként le kell fúvatni. (Ellenkező esetben a nitrogén gáz teljesen beborítaná az elektródot.)
- A levegő vagy más gázok szén-dioxid tartalma a tömény lúgos elektrolitban elnyelődik és karbonátok kiválását eredményezi. Ezért időnként regenerálni vagy megújítani szükséges.
- Az elektródfolyamatban képződő termék (pl. a hidrogén-oxigén üzemanyag cellában képződő víz) felhígítaná az elektrolitot. Ennek elkerülése céljából pl. kidesztillálják az elektrolitból.

Ezeket és a hasonló technikai nehézségeket mára megoldották. Nem csupán az űrhajóban, hanem földi járművekben, polgári és katonai célra is működtetnek üzemanyag cellákat. Biztató, hogy a legtöbb nagy autógyártó cég készít elektromos autókat. Várható, hogy az ár és a hagyományos gyártók anyagi érdekeltségének csökkenésével egyre inkább elterjednek majd az üzemanyag cellák.



OROSZLÁNKÖRMÖK

Ordasi Betti

Új módszerek a kémiaoktatásban

A kémia a tantárgyak népszerűségi listáján az utolsók között szerepel. Ennek oka szerintem két forrásból eredhet. Egyrészt vannak magából a tantárgyból eredő problémák: a tananyag száraz, gyakran elvont, sokszor nehéz megtalálni az egyes fogalmak, anyagrészek közötti kapcsolatot, és az így szét-szabdalt tanulnivalót nagyon nehéz megtanulni. Továbbá problémát jelent, hogy sok fogalom azonos név alatt más hétköznapi és tudományos tartalommal bír (pl.: csapadék-sűrűség, olvadás). A kémia fejlődése során bizonyos fogalmak neve megmaradt, de jelentésük alapvetően megváltozott (pl.: oxidáció, redukció).

Másrészt magából a társadalomból is erednek problémák. Napjainkban az információ-áramlás felgyorsult, a fiatalságot már nem köti le egy 45 perces képanyag nélküli, sokszor monoton, szemléltetés nélküli óra. A tudásanyag megszerzése, mint ösztönző erő csökkent, mivel az anyagiasság sokkal fontosabbá vált.

A problémák enyhítésének lehetséges módjaként a dolgozat két utat mutat be: részben új módszerek és eljárások alkalmazásával érhetünk el figyelemfelkeltést, másrészt elengedhetetlen, hogy a megtanulandó anyag gyerek szemmel is látható, érdekes hétköznapi vonatkozásaira időt fordítsunk. Mindkét rész tárgyalása példákon keresztül történik, melyek az oxigéncsoport elemeinek feldolgozása köré szerveződnek.

A tanítási órán lehetséges szervezési módok

Sok vizsgálat és hétköznapi tapasztalat is azt mutatja, hogy a magyar iskolákban a tanítás még ma is főként a pedagógus által vezérelt, a gyerekek önálló munkáját csak minimálisan biztosító tevékenység. Az órákon a tanárok többsége a gyerekek csoportját homogén közösségnek tekinti.

A tanítási órán eddig érvényesülő szervezési módokat alapvetően két nagy csoportba sorolhatjuk, ezek a frontális és a csoportmunka.

A kémiaórákon a mai napig a leggyakrabban használt módszer a frontális munka. Ez általában egyoldalú kommunikáció; mindenki ugyanazt csinálja azonos feltételek között, minden tanuló számára biztosítja a tanulás lehetőségét, de a feltételeit nem, itt ugyanis azok a tanulók vesznek részt a munkában, akik tudnak és akarnak a tanulás menetében a pedagógussal közösen haladni. Ebből következik, hogy ahol a gyerekek között viszonylag nagy különbségek vannak, ott nem célszerű alkalmazni a módszert. Előnye viszont, hogy a gondolkodási folyamat irányított, így nem vezethet zsákutca, gyorsan lehet vele haladni, valamint a pedagógus mintaként szolgál (logikája, viselkedése, nyelvhasználata stb.).

Mivel a tanulás alapvetően szociális folyamat, ezért az együttműködésen alapuló tevékenység arányának növelésére kellene törekedni. A szoci-

ális keretben folytatott tanulás nemcsak növeli az adaptivitást, az együttműködési képességet, hanem mindemellett mélyebb tanulást eredményez. A **csoportmunkára** kiadott feladatnak kellően komplexnek kell lennie, csak így valósulhat meg a differenciálás, de a feladatbeosztást nem feltétlenül a tanárnak kell elvégeznie, ezt a gyerekek is megoldhatják maguk között.

A hagyományostól eltérő módszerek

a) Ötletroham

Vállalatirányításban született módszer, ha valaki nem tud dönteni egy kérdésben, segítségére összegyűlik egy csoport, válaszlik a problémát és mindenki elmondja a megoldási javaslatát. A másik ötletére csak pozitív visszajelzést szabad adni. Először nem igazán jó ötletek születnek, de hamar belejönnek az emberek, és általában kialakulnak a megoldások.

Erre a módszerre az alábbi néhány példát mutatjuk be.

Próbálj ötleteket gyártani!

- Mi lehet a magyarázata a kén olvadása során tapasztaltaknak? Szerinted milyen szerkezeti változások mehetnek végbe?
- Korlátlanul elegyedik-e a víz és a hidrogén-peroxid egymással? Miután a kísérlettel megállapítottuk, hogy igen: miért lehet ez így?
- Miért nagy az oxigén reakcióképessége?

b) Döntésfa

Felvetünk egy problémát, amely megoldásra szorul. A gyerek kezébe adunk egy A/4-es lapot, melyen a döntését illusztrálja. A döntésfa a döntési folyamatot szemlélteti: a döntés témáját a fa törzsére írjuk, a döntés alternatívái, fázisai a fa ágaira kerülnek. Az egyes döntéseket a saját szempontjukból kell végiggondolniuk, hogy számukra milyen pozitív, ill. negatív következményei lehetnek. A módszer jó eszköz ahhoz, hogy közelebb hozzuk a gyerekekhez a megtanulandó anyagot, valós életszerű problémák felvetésével.

c) Jövőkerék

Egy készen kapott döntés következményeit kell végiggondolniuk. A lap közepére rajzolunk egy karikát, ebbe kerül a döntés, köréje azon következmények, amelyek egyenes úton következnek belőle, ezeket egy vonallal összekötjük a problémát övező körrel. Távolabb kerülnek a következmények következményei, amelyeket kétszeres vonallal kötjük össze az eredeti problémával. Ez a módszer abban is segít, hogy felhívjuk a gyerekek figyelmét egy probléma sokoldalúságára, és arra, hogy egy bizonyos döntést minden pozitív és negatív következményével együtt végig kell gondolniuk.

Példák:

- Gondold végig, mi lesz a következménye, ha az ózonréteg még jobban kilyukad!
- A víz sokrétű oldószer. Gondold végig, mi lenne a következménye annak, ha kivonnák a forgalomból mint oldószert (hogyan tudnánk főzni, mosni stb.)!
- Gondold végig, milyen következményei vannak egy hajókatasztrófának (az olaj miatt nem juthat oxigén a folyók, tengerek vizébe stb.)!
- Gondold végig, mi lenne, ha az oxigén nem lenne olyan reakcióképes (az anyagok nem oxidálódnának el, emiatt kevesebb festék fogyna stb.)!

d) Anyacsoport – szakértői csoport módszer

Az osztályt csoportokra osztjuk, minden csoport kap egy-egy nagyobb témakört, melynek minden vonatkozásáért egy tanuló felelős a csoporton belül. A csoportok azon tagjai, akik azonos vonatkozásokért felelnek (szakértők), összejönnek és megtárgyalják saját területüket. Miután adott téren szélesebb tudásra tettek szert, visszatérnek saját csoportjukhoz és tudásukkal hozzájárulnak az adott terület minél mélyebb feldolgozásához. A munka befejeztével a csoportok beszámolót tartanak.

Ez a módszer kiválóan alkalmazható a szerves kémia tárgyalása során az önálló feldolgozás megszervezésében. Ebben az elgondolás-

ban a különböző kémiai elemek alkotják az egyes anyacsoportokat, és belőlük integráltan a következő szakértői csoportokat állíthatjuk fel: felfedezés, előfordulás, előállítás, módosulatok, atomszerkezet és fizikai tulajdonságok, kémiai tulajdonságok, reakcióképesség, adott elem mint ligandum, vegyületei hidrogénnel, oxigénnel, halogénnel. Ha a tanulócsoporthoz megfelelően motivált, valamint bízhatunk abban, hogy óráról órára készülnek, akár egészen hosszú időn keresztül alkalmazható ez a módszer, ill. felosztás, így a szakértők valóban szakértőkké válhatnak, jobban élvezhetik, hogy innovatív szaktudást birtokolnak, mely megkülönbözteti őket, kompetenciaélményt nyújt, így erősíti ön-bizalmukat is.

e) Projekt módszer

Választunk egy témát, melyet sok oldalról fogunk körüljárni, a tantárgyak mindegyike szerepet kaphat a projektben. A téma meghirdetése történhet egy osztályon belül, de akár az egész iskolát felölelve, időkerete 2 órától akár 4 hétig is terjedhet. Adott témára csoportok szerveződnek, saját maguk döntenek el, mivel akarnak foglalkozni, munkájukat szaktanár segítségével végzik; a projekt végeztével bemutatóra kerül sor.

Néhány ötlet az oxigéncsoport tárgyalása kapcsán meghirdethető projektekre:

– Levegő projekt

Biológia (a földi légkör kialakulása, fotoszintézis, a gázcsere fejlődése az élővilágban).

Földrajz és környezetvédelem (a légkör rétegei, üvegházhatás, ózonlyuk, savas esők).

– Víz projekt

Biológia, földrajz (a víz körforgása). Környezetvédelem (a vizek szennyezése, víztisztítás).

Fizika (víz mint alternatív energiaforrás). Földrajz (a folyók munkája, a tavak típusai).

Biológia, földrajz, történelem (a jégkorszakok). Irodalom, vallás (a víz a teremtésmítológiákban).

– Kén projekt

Biológia (zöldbaktériumok, bíborkén-baktériumok).

Technika (gumigyártás, fényképezés).

Történelem (régészet¹).

Az itt felsorolt témák, mint a feldolgozandó anyag interdiszciplináris vonatkozásai más módon is hasznosíthatók. Például ha néhány tanuló javítani szeretne, felkínáljuk nekik a listát: szabadon választhatnak, érdeklődésüknek megfelelően mely témából készülnek föl. Meghallgatásukra az óra elején kerüljön sor, ekkor próbáljunk meg minél nagyobb teret biztosítani az interakciónak a beszélgetés, megbeszélés, vita módszereinek alkalmazásával, hiszen könnyen előfordulhat, hogy ekkor azok a tanulók is érvényesülni tudnak önálló véleményükkel, különböző területeken való jártasságukkal, akiknek egyébként a kémiaórák semmi örömet nem jelentenek. Ez az óra elején kapott megnövekedett motiváció pedig mindenképpen segít abban, hogy a tanuló figyelemmel kövesse az órát.

Az oxigéncsoport elemei mindennapi életünkben

– Miért fontos az élővilág szempontjából, hogy +4°-on a legnagyobb a víz sűrűsége?

Mert csak így maradhatnak életben a halak télen a befagyott vizekben: a kisebb sűrűségű megfagyott jég a víz tetején található, míg a nagyobb sűrűségű +4°-os víz lesüllyed; itt telelnek át a halak.

– Miért kell a vasalót desztillált vízzel működtetni? A vasalóban a víz forralásakor kirakódó vízkőréteg eltömíti az alkatrészeket, amely a víz keménységét adó sókból: kalcium- és magnézium-karbonátból áll.

– Vasalót, mosógépet mivel takaríthatok meg a rárakódott vízkőtől?

Ecettel, amely mivel erősebb sav, mint a szén-sav, kiszorítja azt a sójából.

– Mitől kemény a kemény víz?

A változó keménységet a kalcium- és magnézium-hidrogénkarbonát okozza, ezek forralás-

- sal eltávolíthatók, mivel oldhatatlan karbonátokká alakulva kicsapódnak. A forralással el nem távolítható többi só (szulfát, klorid) alkotja az állandó keménységet.
- A tengerek és az óceánok sós vizetek, míg a folyók édes vizetek, vannak ugyebár édesvízi és sós vízi élőlények, de mi történik akkor, amikor egy folyó a tengerbe ömlik, ott hogyan lehetnek állatok?
Ezeknek az ún. brakkvizeknek sajátos élővilága van melyben mind sós, mind édesvízi élőlények megtalálhatók, mégpedig úgy, hogy az adott faj gyakorisága sótűrésének megfelelően változik a sókoncentráció változásával.
 - Miért jó a szavannákon élő állatoknak, ha dagonyázhatnak?
Mert a róluk elpárolgó víz hűti a testüket. A párologtatáshoz ugyanis energia kell, mely bőrük felszínéről távozik.
 - A halak hogyan jutnak oxigénhez a vízben?
Hiszen ha a víz poláros az oxigén pedig apoláros, akkor abból az következik, hogy az oxigén nem oldódik a vízben.
Úgy, hogy kissé mégis oldódik. (Arra kell, hogy ráérezzenek, hogy sokszor átmenetek vannak a határesetek között a kémiában és a biológiában, s nem egyszerű állításokról van szó melyek igazak vagy nem igazak.)
 - Miért kell, hogy párásítsuk a levegőt?
Mert légzőszerveinknek érzékeny nyálkahártyaborítása kiszáradhat, és kirepedezhet, ha száraz levegőben lélegzünk, így pedig könnyebben megfertőződhetünk.
 - Milyen összefüggés van a tengervizek sótartalma és a között, hogy pl. a Holttengeren (amely névével ellentétben nem tenger, hanem egy lefolyástalan tó) fennmaradsz a víz felszínén?
A sós víz sűrűsége nagyobb, mint az emberi testé, ezért emelkedünk fel a víz színére.
 - Ha a víz megfagy, hogyan változik a térfogata? Mondj rá példát, hol tapasztalhatod meg!
Fagyáskor a víz kitágul – ezt tapasztalhatod pl. amikor jégkockát csinálsz, vagy amikor egy üveg kólát raksz a mélyhűtőbe és ott felejtod, és az üveget szétrepeszti a jég tágulása. De azt tudtad-e, hogy a legtöbb folyadék fagyáskor éppen ellenkezőleg viselkedik – térfogata csökken?
 - Milyen óvintézkedéseket tettek és kellene tenni, hogy ne nőjön tovább az ózonlyuk?
Mely kereskedelemben forgalmazott termékek fogyasztását, használatát kell csökkenteni? Azokat a termékeket kellene vásárolni, amelyek feltűntetik, hogy nem tartalmaz az ózonrétegre káros anyagokat (aeroszolak). Ezen termékek mennyiségének csökkentésére történnek kísérletek. Régen a hűtőgépek is kibocsátottak ilyen káros anyagokat.
 - Az ózonlyuk miért éppen az Antarktisz fölött alakult ki?
Mert ott nincsenek növények, amelyek anyagcseretermékeikkel pótolni tudnák a fogyatkozó oxigént.
 - Hogyan kell ügyelni, hogy télen a fűtési szezon idején CO-mérgezést ne kapjál?
A tökéletlen égés során CO keletkezik, ami színtelen, szagtalan és ezért nem érzik a szobában tartózkodók. Ezért gyakran szellőztetni kell és ellenőriztetni, hogy a kémény jól szelel-e.
 - A sósavat és a hypot {NaOCl} takarításnál – mondván, hogy alaposabb légy – soha ne keverd össze!
Mert mérgező klórgáz fejlődik, amivel többet ártasz magadnak, mint használasz! (takarító-nőbetegség).
 - Mit tegyünk, ha eltörik a higanyos lázmérőnk, hogyan közömbösítsük a kifolyó, mérgező higanyt?
Kénporral, mert a higany a kénnel higany-szulfidot képez.
 - Mi okozza a főtt tojássárgája körüli zöldes színt?
A tojásfehérje kis mértékben elbomlik bomlás-termékeinek kénje, és hidrogénje kén-hidrogénné egyesül. A kén-hidrogén a tojás hidegebb részei, vagyis a sárgája felé törekszik, ott egy része reakcióba lép a tojássárgája vastar-

talmával, s a keletkező zöldes színű vas-szulfid lerakódik a fehérje és a sárgája közötti határfeületen.

– Mi okozza a fokhagyma és a hagyma szagát? A fokhagyma allint tartalmaz, ez a vegyület teljesen szagtalan, ha azonban reakcióba lép az allináz nevű enzimmel, létrejön az allicin nevű anyag, amely már átható, fokhagymaszagú. Az ép fokhagymagerezd azért szagtalan, mert az allicint és az allináz sejtthártyák választják el egymástól, ha azonban a gerezd elvágása során érintkeznek, létrejön az allicin. A hagyma is ként tartalmaz; ennek köszönhető, hogy felvágásakor könnyekre fakasztó vegyület képződik, az előbbihez hasonló mechanizmussal. A hagyma ízét és illatát nem ez a vegyület adja, ezért eltávolítható, s mivel vízben jól oldódik, ezért ha vízben vágjuk föl a hagymát, szemünket nem fogja csípni.

– Miért egészséges a fokhagyma fogyasztása? A fokhagyma gyógyhatásai: az allicinnak erős baktérium- és gombaölő hatása van, az ajoiné véralvadást gátló hatású, valamint azért, hogy csökkenti a vér koleszterinszintjét – különösen az erekben lerakódó koleszterint – mérsékli az érlemezés kialakulásának veszélyét. (Régi hiedelmek szerint a fokhagyma véd a vámpírok és a rossz szellemek ellen, ezért csecsemők bölcsőjét a középkorban fokhagymafüzérrel vették körül.)

– Miért kell, hogy az autógumi vulkanizálva legyen?

A vulkanizálás során ként adnak a gumihoz, így az azt alkotó polimerek között diszulfid hidakat építünk ki, minek következtében megszűnik a gumi nyúlós volta, szilárdabb lesz. (Az sem jó, ha túl sokáig vulkanizálják, mert túl rideg anyagot kapunk.)

– Miért használhatják fel a BaSO_4 -ot röntgenvizsgálatoknál kontrasztanyagként, (BaSO_4 kását etetnek a paciensekkel) holott a Ba mérgező és radioaktív?

A Ba ebben a vegyületében nem mérgező, bár nagyon sugároz, de gyorsan kiürül a szervezetből.

Az általam tárgyalt új módszereket a modern pedagógia egyik irányzatának, a konstruktív pedagógiának eszköztárából válogattam össze. Remélem, hogy ezek az általam választott új eljárások hozzájárulnak ahhoz, hogy színezebbé és érdekesebbé tegyék az órákat.

Irodalom

- [1] Dr. Boksay Zoltán – dr. Csákvári Béla – dr. Kónya Józsefné: Kémia a gimnázium III. osztálya számára; NTK, Bp., 1995.
- [2] Dr. Boksay Zoltán – dr. Török Ferenc – Pintér Imréné – dr. Balázs Lórántné: Kémia a gimnázium I. osztálya számára; NTK, Bp., 1993.
- [3] Dr. Berend M. – Gömörö A. – dr. Szerényi G.: Biológia IV.; Akadémiai Kiadó Rt., Bp., 1996.
- [4] Fürst Zsuzsanna (szerk.): Farmakológia; Medicina 2001.
- [5] ÍRISZ-SULINET – Ablak a világra 2000: az azonos című országos konferencia szerkesztett előadásait tartalmazza; OKKER Oktatási és Kiadó Kft. 2000.
- [6] Kémia SH atlasz. Ford.: Ungvárai János, Ungvárainé dr. Nagy Zsuzsanna; Atheneum 2000 Kiadó Kft., 2000 – szerves kémia.
- [7] Kis kémiai szótár; Szerk.: Jerzy Chodkowski Ford.: Hársing Lászlóné; Franklin Nyomda, Bp., 1964.
- [8] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiai II/819-1072 o.; NTK, Bp., 1999.
- [9] Oláh Zsuzsa: Biológia I-III; NTK, Bp., 1996.
- [10] Riedel Miklós: Kémia a hétköznapijainkban; Tanártovábbképzés előadásainak vázlatai, ELTE 1999.
- [11] Rohonczi János: Szerves kémia I. Az s- és P-mező elemeinek kémiai; ELTE, Szerves és Alt. Kém. Tanszék, Bp., 1998.
- [12] Rózahegyi Márta – Wajand Judit: Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol! NTK-ELTE Bp., 1995.
- [13] Dr. Tóth Zoltán (szerk.): Módszerek és eljárások 12. DE TTK Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen 2002.
- [14] Varga Domonkos – Varga András: Ég és Föld, Kérdések könyve; Móra Ferenc Ifjúsági Könyvkiadó, Bp., 1985.
- [15] Villányi Attila: Kémia összefoglaló középiskolásoknak; Calibra Kiadó, 1994.

Új tankönyv a 2004/2005-ös tanévre

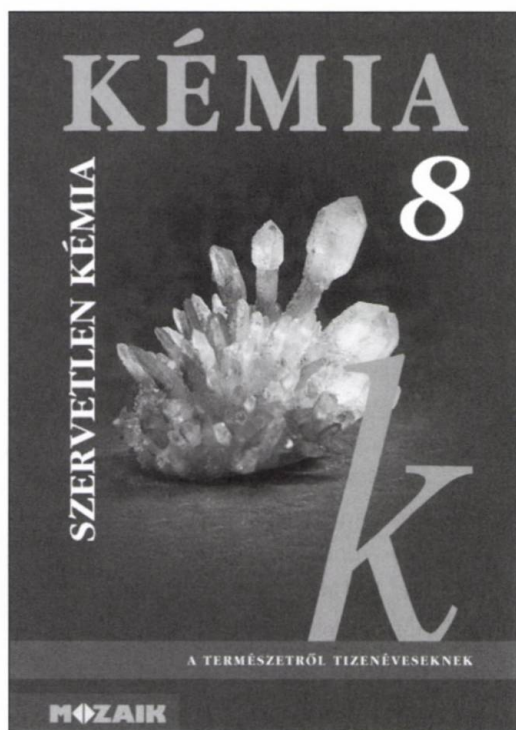
A természetről tizenéveseknek tankönyvcsalád

Kémia 8. tankönyv

(Szerzők: Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs)

A MOZAIK Kiadó gondozásában megjelent négy kötetből álló kémia tankönyvsorozat, az elmúlt években megjelent állami dokumentumoknak megfelelően, lineáris tananyag-elrendezésben tartalmazza a középfokú kémiatanítás művelődési anyagát. A Kémia 8. tankönyv a sorozat második tagja, egyben része a kiadó A természetről tizenéveseknek kiadott tankönyvcsaládjának, amely a lehetőségeket maximálisan felhasználva hangolta össze a természettudományos tantárgyakban tanításra megjelölt ismereteket. A négy tankönyv művelődési anyagának tartalma egymásra épül. A tankönyvek szerkesztésmódja, szemléltetettsége azonos elvek szerint került kialakításra, egyben alkalmazkodik a tanulók életkori sajátosságaihoz is.

A rövid időn belül megjelentetett dokumentumok (NAT, kerettanterv, NAT 2003) közös vonásai között elsőként kell megemlíteni a lineáris tananyag-elrendezést. A kémia művelődési anyagának elrendezésében ezért alapvető változtatást nem kellett végrehajtani. A tantárgy tartalmával és a feldolgozás módjával kapcsolatban történt egyes témakörök esetében elsősorban a tanulók képességeinek fejlesztési lehetőségei tekintetében hangsúly-eltolódás. Mivel a kerettanterv bizonyos tartalmak megtanítását adott évfolyamok számára rögzítette, ezért szükségessé vált a 7-es kémia tankönyv átdolgozása, kiegészítése, és ezzel egyidőben bizonyos tanítási egységek magasabb évfolyamokba tör-



ténő áthelyezése. Míg a 2002-ig megjelenő sorozatban nem szerepeltek pl. a kémiai kötések, addig a 2003-ban forgalomba hozott 7-es tankönyv már tartalmazza azokat. Ez a legjelentősebb különbség a fenti két évben megjelent tankönyv között.

A 2004-ben megjelenő Kémia 8. tankönyv megtartva a megelőző tantervek követelményeinek értékeit, a tankönyvek eddigi feldolgozás-

módját, abban tér el az előző kiadásoktól, hogy kiegészítésként tartalmazza a kerettantervben és a NAT 2003-ban szereplő valamennyi megtanítandó fogalmat és témakört, szemléletmódja, eszközszerkezere megfelel a megfogalmazott nevelési és fejlesztési követelményeknek.

A 2003-ban megjelentetett és a 2004-ben megjelenő Kémia 8. tankönyvek között az a legjelentősebb különbség, hogy mivel a kémiai kötetek, az egyszerű molekulák alakjával, a halmozokkal kapcsolatos ismeretek feldolgozása a 7-es tankönyvben megtörtént, így a 8.-os tankönyvből ezeknek a fogalmaknak a megalkotására vonatkozó részeknek a kiemelése mellett, lehetőség adódott a NAT 2003-ban megjelölt további fogalmak, ill. reakciók megfogalmazására. Mivel az anyagszerkezeti alapfogalmak alkalmazás szintű ismerete feltétlenül szükséges a szerves kémia művelődési anyagának feldolgozásához, ezért a 8.-os tankönyv bevezetéseként ezeknek az ismereteknek az áttekintését tartalmazza. A szerves kémiai ismeretek feldolgozása során a periódusos rendszer alapján

történő tárgyalás számos esetben teszi lehetővé a gondolkodásra nevelést, ezért a tananyagot a tankönyv két nagy fejezetre bontva tartalmazza. A két fejezet: 1. nemfémek és vegyületeik, 2. a fémek és vegyületeik.

A tankönyv a periódusos rendszer alapján tárgyalja az egyes elemcsoportok fontosabb képviselőit és a megfelelő vegyületeket. Az egyes elemcsoportok későbbiekben tárgyalt képviselőit ábrázoló fényképekkel kezdődik az elemek makroszkópikus tulajdonságainak bemutatása. Az a követelmény, hogy a tanulók az atom felépítésének ismerete alapján értsék a periódusos rendszer lényegét, legyenek képesek a periódusos rendszerből kiolvasott adatok alapján az elemeket adott szempontok szerint csoportosítani, legyenek jártasak abban, hogy az egyes elem-, illetve vegyületcsoportok tipikus képviselőjének tulajdonságaiból a csoport tulajdonságaira következtessenek.

A megtanítandó tananyag számos, a mindennapi életben használt anyagot is tartalmaz. Fontos tehát, hogy a tanulók az anyagszerkezeti alapfogalmak alkalmazásával bővítsék ismereteiket a környezetükben előforduló, a mindennapi tevékenységben felhasznált, az életüket is befolyásoló anyagok körében, sajátítsák el azok fontosabb tulajdonságait, az alapvető természeti törvényeket, az anyagok biztonságos felhasználásának módjait.

A tankönyv épít a megelőző és a párhuzamosan tanított tantárgyakban foglalt ismeretekre. Egyes órák keretében a fizikában tanított ismereteket alkalmazza. Például a vízben igen jól oldódó anyagoknál (hidrogén-klorid, ammónia) szemléltetésre kerülő ún. szökőkút-kísérletek során, amikor hivatkozik arra, hogy a kölcsönhatás következtében kialakult légritka térbe a levegő vízfelületre gyakorolt külső nyomása juttatja be a vizet.

A szerves kémia művelődési anyagának hatékony közvetítéséhez, az anyagismeret elsajátításához, az tulajdonságok és a szerkezet kapcsolatának megismertetéséhez, megértéséhez, a jelenségek magyarázatához kíván segítséget

A NEMFÉMES ELEMÉK ÉS VEGYÜLETEIK 13

AZ ELEMÉK HALMAZSZERKEZETE

A fémek és a nemfémek elemek csoportjában érdekes különbségeket figyelhetünk meg. A legfeljebb az, hogy a fémek sok tulajdonsága hasonló, a nemfémek viszont egymástól igen eltérnek. Például a fémek az elektromos áramot vezetik, a nemfémek, a grafitot kivéve, szigetelők.

Az anyagok tulajdonságai atomjuk és halmozásuk szerkezetéből következnek. Ezért tudományunk során a tulajdonságok megfigyelése után keresni fogjuk azok halmozás szerkezet magyarázatát is.

A nemfémek atomjai változatos módon kapcsolódnak egymáshoz. Ezzel magyarázható tulajdonságuk sokfélesége.

A legegyszerűbb a nemesszázok halmozás szerkezte, ezért először azokkal foglalkozunk.

A NEMESSZÁZOK

A világ városában egyre nagyobb mennyiségű, sokszögű lapok, vagy mikroszkopikus formát felvevő reklámokat láthatunk. A környező fémekkel közösen alakították ki betűt, vagy más, bonyolult alakzatot. Ezeket a csövet nemesszázokkal töltik meg.

A nemesszázok a periódusos rendszer VIII. főcsoportjában találhatók: hélium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe) és radon (Rn).

Környezetünkben több nemesszáz alkalmazását figyelhetjük meg. Pl. az izzólámpákat, a neoncsöveket, a reklámcsöveket nemesszázokkal töltik meg. A nemesszázok néhány tulajdonságát az izzólámpák töltésére használt kripton tulajdonságai alapján tudományozhatjuk.

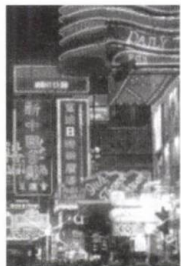
Szintelen, szagtalan gázok, a hőt rosszul vezetik. A kripton magas hővezetőképessége nem károsítja az izzólámpa anyagát, a volfrámmal. A nemesszázok nem gyújthatók meg, az égést nem táplálják. Nevüket onnan kapták, hogy nehezen vihető reakcióba.



131. A fémek sok tulajdonsága hasonló



132. Nemfémek elemek: kén, bróm, jód, grafit



133. A neoncsöveket, reklámcsöveket nemesszázokkal töltik meg

nyújtani a tankönyv gazdag illusztrációs anyaga. Az anyagok és jelenségek, a kísérletek színhű fényképei segítik a tanulókat a tanítási órán végzett tevékenységek felidézésében. Remélhető, hogy az esztétikus szemléltető anyag nemcsak az érdeklődést kelti fel, hanem megkönnyíti az ismeretek megértését és elsajátítását is. A megtanulandó ismeretek jelentős részét változatos ábraanyag szemlélteti. Számos esetben kínálnak lehetőséget tanulói tevékenységre, többek között modellek alkalmazására is.

A tankönyv tartalmazza az egyes témákhoz javasolt tanári bemutató- és tanulói kísérletek leírását, az elvégzett kísérletek fényképeit. Ezzel kívánja szolgálni a tanulók megfigyelőképességének és eszközhasználatának fejlesztését, a munkafüzet feladatai alapján elősegíteni a tanulók önálló munkára nevelését. A tankönyvben alkalmazott eszközrendszer célja az, hogy a tananyag a tanulók számára élményszerű legyen, és megfigyeléseik alapján jussanak el az egyes jelenségek megértéséhez.

A tankönyv minden tanítási egységhez megfogalmazott kérdéseket és feladatokat tartalmaz, amelyek alkalmazásával fejleszthető a tanulók beszédképessége és kialakítható jártasságuk az alapvető számítási feladatokban. A feladatok az ismeretek megértését, begyakorlását, valamint a tanulók önellenőrzését szolgálják. A tankönyvben számos utalás található a mindennapi élet anyagainak és változásainak bemutatására, felismertetésére, kiemelten szerepelnek az egyes anyagok egészség- és környezetkárosító hatásai, az ilyen anyagokkal kapcsolatos elővigyázatossági rendszabályok.

A tankönyv a különféle pedagógiai programok szerint működő iskolák számára kíván választékot kínálni azzal, hogy a kötelezően elsajátítandó tartalmakon túl – jól megkülönböztetett betűszedéssel, háttérszínezéssel, színes sávval megjelölt szakaszokban – további ismereteket is feldolgoz. Ezek felhasználásával lehetőség nyílik a tanórán a tanulók differenciált foglalkoztatására, a tanulmányi versenyekre történő felkészítésre, a tehetséggondozásra, valamint elősegítik

a helyi tantervekhez történő adaptációt is. A tartalmak között számos olyan rész található, amely a tanulók önálló munkájának kiegészítésével szakköri keretek között dolgozható fel. A tankönyvben gazdag azoknak a feladatoknak, rövid érdekességeknek a választéka, amely az iskolai könyvtár, az Internet használatára ösztönzi a tanulókat. A feladatok jelentős része a mindennapok kémiai, környezetkémiai, tudománytörténeti és történelmi témakörökre is vonatkoznak, amelyek eredményeit a tanulók órán, szakkörön, házi versenyen, jeles napok (Víz Világnapja, Föld Napja stb.) rendezvényeinek keretei között mutathatják be. E tanórán kívüli tevékenységek szaktanári értékelése jelentősen hozzájárul a tanulók képességeinek sokirányú fejlesztéséhez, öntevékenységük fokozásához, a vizsgált jelenségek, változások szerepének, jelentőségének megértéséhez.

A munkafüzet tartalmában és szemléletmódjában követi a tankönyv felépítését. Feldolgozásmódjával figyelembe veszi és gyakoroltatja a tanterv által az adott évfolyamra megjelölt tevékenységi formákat. Változatos kérdés-, kísérletező és számítási feladatokat megfogalmazó feladatrendszerével elmélyíti a tulajdonságok és a szerkezet kapcsolatára vonatkozó ismereteket, logikus gondolkodásra nevel, erősíti a kémia és a gyakorlati élet kapcsolatának jelentőségét, bemutatja a kémiai anyagok környezeti hatásainak következményeit. A tankönyv és a munkafüzet számos feladatának megoldásához az írott és az elektronikus információhordozók felhasználása szükséges.

A Kémia 8. tankönyv számos olyan ismertetet tartalmaz, amely segít megérteni szervezünk biológiai folyamatait is. Tartalmával igyekszik arra irányítani a figyelmet, hogy civilizált körülményeink feltételeinek megteremtése szolgálatában a különféle kémiai anyagok tömege áll rendelkezésünkre, mindennapjainkban állandóan jelen vannak, tudatos, rendeltetésszerű használatuk könnyebbé, kényelmesebbé, szebbé teszi életünket.

Dr. Siposné dr. Kedves Éva

AKCIÓS 5., 7., 8. ÉS 9. OSZTÁLYOS TANKÖNYVCSOMAGOK

4 tk + 4 mf + 4 tsz

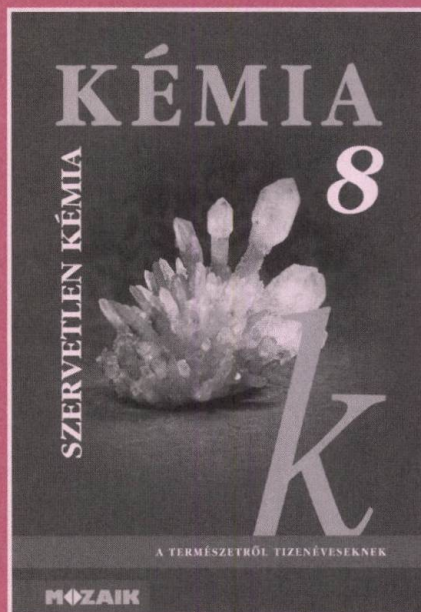
5700,-

A 2004/2005-ös tanévre
A természetről tizenéveseknek
tankönyvcsalád kerettantervi
7. és 8. osztályos kötetei akciós
tankönyvcsomagban is megrendelhetők.

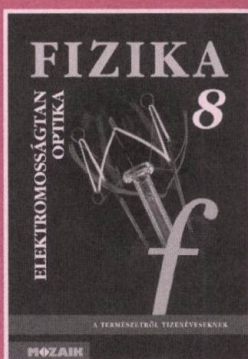
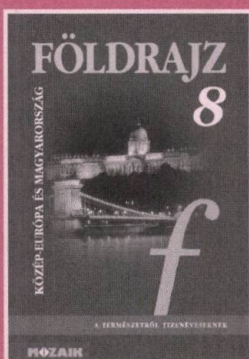
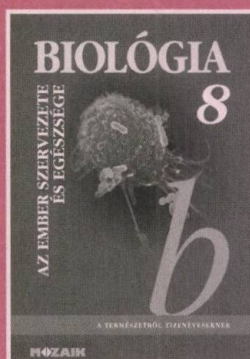
A fizika, kémia, biológia, földrajz
tankönyveket és a hozzájuk tartozó
munkafüzeteket, tudásszintmérőket
tartalmazó tankönyvcsomag ára
évfolyamonként: 5700 Ft.

Az akció részleteiről
kiadványjegyzékünkben vagy honlapunkon
(www.mozaik.info.hu) is olvashatnak.

Az akciós tankönyvcsomagokat
az Iskolai megrendelőtömb
2. kötetének 1. oldalán rendelhetik meg.



A TANKÖNYVCSALÁD TOVÁBBI 8. OSZTÁLYOS KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu



A Magyar Tudományos
Akadémia Kémiai
Tudományok Osztálya
állásfoglalása a kémia alap- és
középfokú oktatásáról

Módszertani ötletparádé

(H. Fodor Erika)

A szén és vegyületei

(Kovácsné Csányi Csilla)

XII. ÉVFOLYAM 2004

2

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1350 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

A Magyar Tudományos Akadémia Kémiai
Tudományok Osztálya állásfoglalása
a kémia alap- és középfokú oktatásáról

**Kémiai biztonság az iskolákban
és az oktatásban I. rész**

Dr. Csernus Éva osztályvezető főorvos,
Kémiai Biztonsági Osztály

Nukleofil szubsztitúció az acilszénen

Dr. Makleit Sándor professzor emeritus,
Szerveskémiai Tanszék

Módszertani ötletparádé

H. Fodor Erika, vez. tanár
ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium

A szén és vegyületei

Kovácsné Csányi Csilla kémia vezető tanácsadó
Fővárosi Pedagógiai Intézet

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

Dr. Szalay Tibor

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

A Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Tudományok Osztálya állásfoglalása a kémia alap- és középfokú oktatásáról

Az Osztály nagy jelentőséget tulajdonít a kémia alap- és középfokú oktatásának, ezért *ad hoc* bizottságot bízott meg azzal a feladattal, hogy dolgozzon ki ajánlásokat a középiskolai tanárok és a közoktatás más érdekelt szereplőinek szakmai támogatására. A bizottság (elnöke: Schiller Róbert, titkára: Gáspár Vilmos, tagjai: Adamkovich István, Bazsa György, Fernengel András, Kovácsné Csányi Csilla, Náray-Szabó Gábor, Riedel Miklós, Szántay Csaba) a következő állásfoglalást alakította ki.

I. Általános megjegyzések

A kémia oktatására az általános iskolában és a gimnáziumban négy év áll rendelkezésre (a 7.-től a 10. osztályig) évenként heti másfél vagy két órában. Két iskolatípusban csak rendkívül széttagoltan folyhat az oktatás, amely az érettségi előtt két évvel megszűnik. Ez bizonyítottan nem ösztönzi a diákságot arra, hogy a kémiát érettségi tárggyul válassza. Azok, akik kémiából érettségizni vagy felvételizni óhajtanak, az utolsó két középiskolai évben kémia fakultáción tanulnak. Ez egyfelől megoldja az érettségire való felkészülés gondját, másfelől eleve elválasztja a közép- és emelt szinten érettségizni kívánók csoportját, ami rontja a középszintű oktatás esélyeit, az iskoláknak pedig anyagi gondokat okoz.

Véleményünk szerint az oktatásnak legalább annyira feladata az érdeklődés felkeltése, mint az ismeretek átadása. Meggyőződésünk, hogy

a vegytant, az elméletek mai mélysége (matematikai elvonsága, igényessége) és a műszerezettség fizikai fejlettsége mellett is csak mint kísérleti-tapasztalati tudományt lehet megszeretni és megszerettetni. A mai kémia legnagyobb intellektuális csodája az, hogy már egzakt és még szemléletes tudomány. Oláh György írja, hogy gyerekkorában nem tudott betelni a szódabikarbónára öntött ecet pezsgésének a látványával. Úgy hisszük, az érzelmileg elkötelezett vegyész ma is így születik. *Meggyőződésünk, hogy kísérletezni és kísérleteztetni kell az órán, a fakultációkon és a szakkörökön.* Ma már a számítógép is a rendelkezésünkre áll ahhoz, hogy megismertethessük és megszerettethessük a kémiát. Molekulamodellek, reagáló molekulák, vegyipari folyamatok nemcsak szemlélhető, hanem befolyásolható módon is megjelenhetnek a képernyőn, ez számos lehetőséget biztosít a tanárnak az érdeklődés felkeltésére.

A motiváció további forrása a tanultak hasznának érzékeltetése a mindennapi élet különböző területein, illetve kapcsolódásuk bemutatása más tudományágakhoz. Ehhez természetesen előrelépésre van szükség az oktatás műszaki feltételeiben, a tanárok felkészítésében. Nemcsak azt kell világossá tenni, hogy a gyógyszerek, műanyagok, növényvédő szerek, műtrágyák, festékek, fémek és más anyagok kémia nélkül nem állnának rendelkezésünkre, hanem azt is, hogy a környezet tisztántartásáért újrahasznosítási eljárások, anyag- és energiatakarékos tech-

nológiai kidolgozása révén legalább annyit tesz a vegyész, mint amennyit vét ellene. A rokontudományok között bizonyára a biológia az, amelyben a mai diák a legkönnyebben felismeri, hogy a jelenségek és folyamatok lényege a kémián nyugszik, ugyanakkor a kémiai jelenségek megértéséhez a fizikai alapok feltárására van szükség.

A használatban lévő tankönyvek vagy az érettségi követelmények (pl. a Kiss Árpád Országos Közoktatási Szolgáltató Intézmény Vizsgafejlesztő Központ által összeállított követelményszint) anyaga magas színvonalú, azonban megítélésünk szerint *megtaníthatatlanul terjedelmes és megérthetetlenül elvont!* A könyvek és a vizsga-tematikák egyaránt hangsúlyozzák az egyes természettudományos területek közti összefüggéseket, kitérnek azok társadalmi vonatkozásaira is, nehéz azonban elképzelni, hogy az átlagos diák a rárótt hatalmas ismeretanyag elsajátítása mellett még ezekre a komplex tudást igénylő szempontokra is képes figyelni. Véleményünk szerint az új, esetleg még vitatott teóriák éppen úgy nem valók a középiskolai oktatásba, mint a kvantumkémiának csak alapos fizikai és matematikai ismeretek birtokában megérthető tételei. Néhány alapvető szabályt alább fogalmazunk meg:

- A kémiát – bevezető szinten teljes mértékben, magasabb szinteken túlnyomóan – *mint tapasztalati, kísérleti tárgyat kell tanítani.*
- Fontosabbnak tartjuk az alapos, szemléletes megértést, mint az elméleti szigort.
- A tanítás eredményét ne az ismeretek mennyiségével, hanem mélységével és megértésével, fontosságával és alkalmazhatóságával mérjük.
- A természettudományos tárgyakat összehangoltan kell tanítani; lehetőség szerint a fizikának és a matematikának csak azokat a tételeit használjuk, amelyeket a diákok már ismerhetnek; ha erre nincsen mód, a kémia-

oktatás keretén belül kell ezeket a maguk helyén ismertetni.

- Nagyon fontosnak tekintjük az iskolán kívüli tanulás lehetőségeit (TV, Internet, tanulmányi versenyek).
- A tanárok eddig is eredményesen folyó szakmai továbbképzését minden módon elő kell segíteni.

II. Követelmények közép- és emelt szinten

A bizottság véleménye szerint a két szint között nem csak az ismeretanyag mennyisége, hanem inkább a szemléletmód jellege szerint kell különbséget tenni.

Középszínt a hétköznapi tapasztalatokhoz közelálló ismeretekből kell kiindulni, és ki kell munkálni ezek technológiai, laboratóriumi és anyagszerkezeti vonatkozásait, kapcsolódásukat a biológia és fizika problémáihoz. Javasoljuk, hogy a számon kérhető kémiai tudás ezeken nyugodjék. Jóllehet ezen a szinten a lexikális ismeretanyag dominál, mégis helyes volna a jelenleg elvárt ilyen jellegű ismeretanyagot csökkenteni a megértetés és a gyakorlati szempontok javára. Ez utóbbi kiemelt fontosságú az eleve gyakorlatiasabb képzést nyújtó szakközépiskolákban és szakmunkásképzőkben, hiszen a középiskolás korú gyermekek fele ilyen iskolákban tanul, és itt a kémia tantárgy jelenlegi presztízse nagyon alacsony.

Emelt szinten már a kémia hagyományos területei szerint kellene a tanultakról számot adni. Javasoljuk, hogy az oktatás itt a leíró diszciplinák ismereteiből és az elvi-elméleti alapokból induljon ki, majd onnan jusson el a kémia belső logikájához, a rokon tudományokhoz, illetve egy technológiai feladathoz. Helyet kell adni a tudomány-történeti szempontok bemutatásának is. A fakultáció jó lehetőséget biztosíthat az ismeretek elsajátíttatására e kettős szempont szerinti.

Egy lehetőség az ismeretek egymásra építésére:

Középszint

- Energetika – kőolaj – desztilláció – szénhidrogének kémiája – kovalens kötés
- Mezőgazdaság – műtrágyázás – ammóniagyártás – katalízis – sók, ionos kötés
- Bányászat – elemek – periódusos rendszer
- Genetika – heteroatomos szerves kémia – hidrogénhíd-kötés
- Táplálkozás – fehérjék, cukrok – energiamérleg

Emelt szint

- Atomok modellszerű szerkezete – periódusos rendszer – elemek – kohászat
- Relatív atomtömeg, vegyérték – kémiai kötés – kovalens kötés – szénhidrogének – kőolajipar
- Kémiai egyensúlyok – elektródpotenciál – kémiai áramforrások
- Kémiai reakciók sebessége – katalízis – ammóniagyártás – műtrágyázás

Figyelembe kell venni az egyes témakörök közti kapcsolódást és azt, hogy nem lehet a kémia és a kémiai technológia minden jelenségét néhány alapelvből kiindulva megmagyarázni. Mégis törekedni kell arra, hogy középszinten váljon világossá a kémia szerepe, haszna és szükségessége a mindennapokban, emelt szinten pedig teljesedjék ki a kémia kutatóinak és alkalmazóinak gondolkodásmódja.

III. Tematikai vázlat

Javasoljuk az alább felsorolt fogalmak és törvényszerűségek megértéséhez, az anyagok megismeréséhez szükséges minimális mennyiségű tudás elsajátíttatását.

1. Alapelvek

- 1.1. Atomok
- 1.2. Az elemek periódusos rendszere

- 1.3. Molekulák
- 1.4. Kémiai kötések, kristályrácsok
- 1.5. A kémiai anyagmennyiség
- 1.6. Az energia megmaradásának elve
- 1.7. Kémiai reakciók, termokémia, egyensúlyok
- 1.8. Az anyag kölcsönhatása fénnel és elektromossággal

2. A kémiai anyagok szerveződési formái

- 2.1. Gázok
- 2.2. Folyadékok
- 2.3. Szilárd anyagok

3. A szén vegyületei

- 3.1. Metán, etán, propán, benzin
- 3.2. Szén-dioxid, szén-monoxid
- 3.3. Metanol, etanol, aceton, dietil-éter, ecetsav
- 3.4. Aromás vegyületek (benzol, naftalin, fenol, anilin)
- 3.5. Más szerves vegyületek (kloroform, széntetraklorid)
- 3.6. Aminosavak, fehérjék, zsírok
- 3.7. DNS
- 3.8. Tápanyagok, anyagcsere

4. Szervetlen anyagok

- 4.1. Hidrogén
- 4.2. Oxigén, víz, redoxi folyamatok, atmoszféra
- 4.3. Kén, nitrogén, foszfor, szilícium és vegyületei
- 4.4. Halogének és vegyületeik
- 4.5. Nemesgázok
- 4.6. Alkáli-fémek, földfémek
- 4.7. Vas, alumínium, réz és vegyületeik
- 4.8. Nemesfémek

5. Mesterséges anyagok

- 5.1. Műanyagok
- 5.2. Gyógyszerek (kábitószerek)
- 5.3. Ötvözetek
- 5.4. Ipari folyamatok
- 5.5. Veszélyes és szennyező anyagok

Dr. Csernus Éva

Kémiai biztonság az iskolákban és az oktatásban I. rész

Európai Unió csatlakozásunk közeledtével egyre fontosabbá válik az egészségvédelem és a környezetvédelem kérdésköre. A különböző iparágak ezernyi, az ember egészségére, a természeti környezetre, és az élővilágra is ártalmas anyagot használnak a civilizációhoz nélkülözhetetlen termékek gyártása és felhasználása során.

Az állam feladata, hogy megfelelő törvények alkotásával és betartatásával szabályozza a veszélyes anyagokkal való tevékenységet.

Jogszabályok határozzák meg a veszélyes anyagok és veszélyes készítmények szabályszerű gyártását, csomagolását, szállítását, raktározását, árusítását, forgalmazását, felhasználását.

Ezek és hasonló kérdések foglalkoztatnak sok munkáltatót, akik ilyen anyagokat használnak fel tevékenységük végzése során. Különösen érintettek kémiai biztonság szempontjából az iskolák, hisz ezen intézmények nemcsak felhasználói a vegyszereknek, hanem a veszélyes anyagokkal és veszélyes készítményekkel kapcsolatos ismeretek oktatása is feladatuk.

A Riói Föld-csúcson elfogadott Agenda-21 XIX. fejezete megfogalmazza azokat a feladatokat, amelyeket az egyes országoknak a kémiai biztonság továbbfejlesztése, az emberi egészség védelme, a környezet védelme mellett, a társadalom és a gazdaság fejlődésének fenntartása érdekében is célul tűzte ki.

A hazai kémiai biztonság szabályozása 1996-ban kezdődött a 233/1996. (XII. 26.) Kormányrendelet és a 4/1997. (II. 21.) NM rendelet megalkotásával. A 233/1996. (XII. 26.) Kormányrendeletet felváltotta a kémiai biztonságról

szóló 2000. évi XXV. törvény és annak végrehajtási utasításai.

Az időközben megalakult OKK szervezeti keretén belül létrehozták az OKBI-t (Országos Kémiai Biztonsági Intézet). Az OKK szervezeti felépítése, működési elve, rendje biztosítja, hogy a tevékenységek összehangoltan, a párhuzamosság elkerülésével egymást kiegészítve és erősítve, szem előtt tartva az egészségkárosodások prevenciójának prioritását, közreműködik az ÁNTSZ céljainak megvalósításában, a lakosság egészségének megőrzésében és fejlesztésében, életminőségének javításában.

Nehéz és úttörő munkát vállalt 1999-ben az ÁNTSZ Budapest Fővárosi Intézete, amikor létrehozta a Kémiai Biztonsági Osztályt és beindította tevékenységét. A kialakított Kémiai Biztonsági Osztály teljes értékű és önálló tevékenység megvalósítását tűzte ki célul és valósította meg.

A 2000. évi XXV. törvény a főváros kerületi intézeteire (Budapesten kívül pedig a városi intézetekre) új feladatot rótt: a veszélyes anyagokkal és veszélyes készítményekkel végzett tevékenységgel kapcsolatos bejelentések fogadását és annak közegészségügyi – kémiai biztonsági ellenőrzését. Minden fogadott bejelentésről értesítést küldenek osztályunknak is. Mi a bejelentéseket úgy kézi, mint gépi nyilvántartásba vesszük, a változásokat folyamatosan követjük. Adatainkat éves és kerületi bontásban tároljuk és bővítjük.

Már 2001-ben felvettük a kapcsolatot a Fővárosi és a Kerületi Pedagógiai Intézetekkel, és szakmai tárgyalásokat folytatunk az iskolákat érintő kémiai biztonsági kötelezettségek teljesítésével és a kémiai biztonsági ismeretek NAT-ba (kerettan-

tervbe) történő beépítésével kapcsolatosan. A fentiekben leírt ellenőrzési kötelezettségeink teljesítésének érdekében programok beindítását terveztük, melyet körültekintő előkészületek előztek meg.

A téma fontossága miatt terveztük, hogy az iskolákat érintő kémiai biztonsági kötelezettségekről összességében és külön egységekre bontva is megjelentetünk támpontul szolgáló írásos anyagot. A későbbiekben az érdeklődéstől és az esetleges kérdésektől függően további előadásokat is tartunk azoknak, akik ezt jelzik a Fővárosi Pedagógiai Intézetnek.

Az oktatási intézmények, mint már a fentiekben jeleztük, több ponton is érintettek kémiai biztonság szempontjából:

- a) Vegyi anyag felhasználók a szertárakban:
 - kémiai szertár, biológiai szertár, fizikai szertár
 - gyakorló műhelyek, művészeti kabinetek
- b) Takarítással, étkeztetéssel kapcsolatos vegyi anyag felhasználás
- d) A kémiai biztonság oktatása

A fentiekben felsorolt témakörökről készült sorozatunkban kitérünk a jogi szabályozásra, ellenőrzési szempontjainkra, az ellenőrzési tapasztalatainkra úgy a kémiai szertárakat illetően, mint a kémiai tudásfelmérést illetően. Hiszen 2003-ban felmértük 526 iskola kémia szertárának közegészségügyi-kémiai biztonsági helyzetét, illetve 1758, valamint 560 tanuló kémiai biztonsági tudását.

Kezdenénk a kémiai biztonság jogi szabályozásának iskolákat érintő legfontosabb kérdéseivel és még pár kémiai biztonsággal kapcsolatos, általánosságban fontos információval:

A kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény a Magyar Közlöny 2000/38. számában jelent meg. A törvény végrehajtási rendelete a veszélyes anyagokkal és veszélyes készítményekkel kapcsolatos eljárások, illetve tevékenységek részletes szabályairól szóló 44/2000. (XII.27.) Eü.M. rendelet, mely szabályozza azt,

hogy ÁNTSZ-ek milyen módon veszik tudomásul azt, hogy mely vállalkozások milyen veszélyes anyagokat és készítményeket használnak tevékenységük végzése során. Fontos, hogy információnk legyen arról, hogy ki, hol, mennyit, és milyen anyagot, készítményt importál, gyárt, illetve használ fel éves szinten. Az EüM rendelet a Magyar Közlöny 2000/133. számában jelent meg.

Számos foglalkozást érint a kémiai biztonságról szóló törvény, hiszen majdnem minden szakma használ az egészségre, a környezetre veszélyes anyagokat, készítményeket. Az iskolák, mint azt már a fentiekben jeleztük, több ponton is kapcsolódnak a kémiai biztonsághoz.

A korábban hatályos kémiai biztonságról szóló 233/1996. (XII.26.) Kormányrendelet előírta, hogy a veszélyes anyagokat és a veszélyes készítményeket foglalkozásszerűen felhasználó tevékenységet folytatóknak engedélyezési eljárás keretében, a megyei ÁNTSZ-eknél általános tevékenységi engedélyt kellett kérniük. Azok a vállalkozók/iskolák, akik régebben ilyen engedélyt kértek és kaptak, jogfolytonosság címén folytathatják a munkájukat, azaz bejelentettnek minősülnek.

Aki azonban nem folyamodott ilyen engedélyért 2000. december 31-ig, annak a 2001. január 1-jétől hatályba lépett új, a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény szerint kell eljárnia. A 44/2000. (XII.27.) EüM. rendelet 13. melléklete szerint az 1-es, illetve a 2-es számú adatlapok alapján kell elkészíteni és beadni a bejelentést a területileg illetékes (ahol a tevékenység folyik) ÁNTSZ-hez. Budapesten a területileg illetékes kerületi, másutt a városi intézeteknél kell a bejelentést megtenni.

Az 1. számú adatlapon az új tevékenység bejelentése történik. A 2. számú adatlapon pedig a tevékenységben történt változásokat kell bejelenteni. A 2. sz. adatlapon változást jelentenek azok, akiknek

– általános tevékenységi engedélyük van,

- korlátozott tevékenységi engedélyük van (A gyakorlatban ilyen engedély már nincs, mert a korlátozott engedély legfeljebb 3 évre volt kiadható, tehát az utolsó kiadott engedély is lejárt már 2003. december 31-én.), illetve
- akik már az 1.sz. adatlapon tevékenységüket bejelentették.

(A 2.sz. adatlapon kell pl. bejelenteni a tevékenységi körbe újonnan bevont veszélyes anyagokat és veszélyes készítményeket.)

Az 1. sz. adatlap átadásánál a magániskolák esetében eljárási szolgáltatási díj fizetendő, mely jelenleg 4.700.-Ft. A költségvetésből finanszírozott iskolák mentesek a díjfizetés alól. Az ÁNTSZ a bejelentés fogadásáról és regisztrálásáról egy kód-számmal ellátott igazolást ad ki, mely jelzi, hogy a hivatal fogadta és regisztrálta a bejelentést. Ettől kezdve a tevékenység bejelentettnek minősül.

Azok, akik (ez az iskolák esetében nem valószínű)

- külföldről hoznak be veszélyes anyago(ka)t, készítmény(eke)t, vagy
- saját gyártmányuk (találmány) van (és még országunkban nincs bejelentve), – az országban még új, veszélyesnek minősülő anyagokat és veszélyes készítményeket gyártanak, forgalmaznak

kötelesek azokat az Országos Kémiai Biztonsági Intézetnél – OKBI (Budapest, IX. kerület, Gyáli út 2-4.) bejelenteni.

Minden anyagnak és készítménynek van ún. biztonsági adatlapja.

Az adatlap tartalmazza az anyagról, készítményről mindazokat a fontos információkat, amelyeket tudnunk kell az adott vegyi anyagról/készítményről. Kezdve a fizikai-kémiai tulajdonságaitól, egészen az egészségre, környezetre való hatásáig, a biztonságos használati feltételekig. Minden fontos információt, használati utasítást, figyelmeztetést megtalálhatunk a biztonsági adatlapokon.

Az ÁNTSZ tisztviselői ellenőrzik a veszélyes anyagokkal, veszélyes készítményekkel végzett tevékenységeket. A kémiai terhelési bírság alkalmazásának részletes szabályairól szóló

189/2000.(XI.8.) Kormányrendelet előírja, hogy az adott paragrafus megsértését milyen szankciók követik. Kémiai terhelési bírság címén indokolt esetben akár 5 millió forint is kiszabható, súlyosabb esetben a BTK alapján kell eljárni. A fenti Kormányrendelet a Magyar Közlöny 2000/109. számában jelent meg.

Az ÁNTSZ Budapest Fővárosi Intézet közel-múltban létrehozott Kémiai Biztonsági Osztálya az érdeklődőknek szívesen ad tájékoztatást a kémiai biztonsággal kapcsolatos teendőkről. Ma már egyes megyékben is működnek hasonló osztályok/csoportok. PHARE program keretében a kémiai biztonsági felügyelők három hónapos továbbképzésben részesültek, (oklevelet kaptak új szakirányú végzettségükről) ami lehetővé teszi, hogy információik szakmailag többszörösen megalapozottak legyenek.

Fontosnak tartjuk, hogy mindenki, az iskolák is, pontos információkat kapjanak a kémiai biztonságról. Ha van rá igény, szívesen tájékoztatjuk, segítjük e témakörben a későbbiekben is az érdeklődőket.

Szeretnénk, ha az iskolák nem „félelemmel” várnák telephelyükön az ÁNTSZ látogatását, mert nem a szankcionálás a cél, hanem az, hogy mindenki szabályszerűen végezze munkáját, ezzel elősegítve az egészséges környezet megőrzését, embertársaink egészségének védelmét.

Ebben partnernek kell lenniük a kötelezeteknek is oly módon, hogy betartják a kémiai biztonságról szóló jogszabályokat.

Ismételten megerősítenénk azt, hogy osztályunk szakemberei – a Fővárosi Pedagógiai Intézet kérésére – készséggel tartanak előadásokat az oktatási intézmények számára a kémiai biztonságot érintő teendőkről. Az ÁNTSZ helyi intézeteinek szakemberei is készségesen segítenek, ha kéri őket. Éljenek a lehetőséggel – saját magukért, a jövő generációjáért teszik.

A következő számban ellenőrzési szempontjainkról számolunk be.

Dr. Makleit Sándor

Nukleofil szubsztitúció az acilszénen

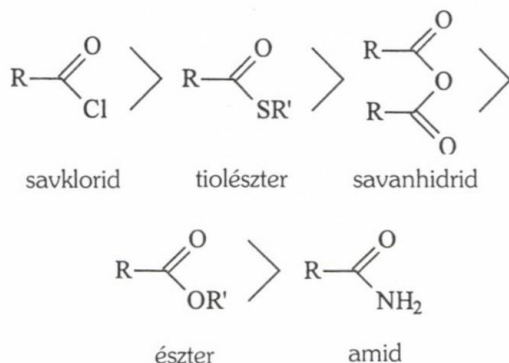
„A biokémikusoknak legalább olyan sok szerves kémiára van szükségük, mint a szerves kémikusoknak.”
(L. Ruzicka 1964, Nobel-díj: 1939)

Többféle eltérő mechanizmusú nukleofil szubsztitúciós reakció ismert.

1. Nukleofil szubsztitúció (S_N) sp^3 hibrid állapotú szénen. Ez a reakciótypus az alkilhalogénidek nukleofilekkel megvalósuló reakciói esetében fordul elő és két szélső formája ismert: S_N2 , illetve S_N1 . A részletek ismertetése nélkül az hangsúlyozandó, hogy ez csak egyfajta S_N reakció.
2. S_N reakció sp^2 hibrid állapotú szénen.
 - a) Az addíciós-eliminációs típusú aromás S_N reakció.
 - b) Az eliminációs-addíciós ún. benzin mechanizmusú reakció.
 - c) S_N reakció az acilszénen.

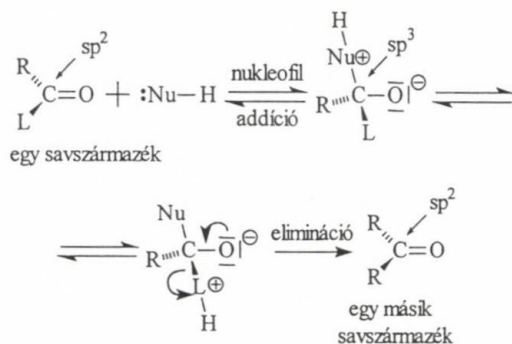
Ez utóbbival kapcsolatos ez a rövid összeállítás, mivel egyrészt számos gyógyszer szintézise során ez iparilag is alkalmazott reakció, másrészt kiemelkedő biokémiai jelentősége van.

A savszármazékok relatív reakciókészsége a következő:



Ez a sorrend három faktor figyelembevételével értelmezhető: 1. a távozócsoport bázicitása, 2. rezonanciahatás, 3. induktív effektus.

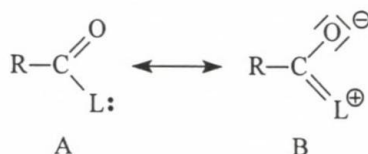
Fentieket megértendő az általános mechanizmust kell ismerni.



L = leaving group = távozócsoport

1. A relatív reakciókészség csaknem párhuzamos a távozócsoport bázicitásával: a kloridion a leggyengébb bázis, így a savklorid a legreakcióképebb savszármazék, az amin a legerősebb bázis és így az amid a legkevésbé reaktív.

2. A savszármazékok mindegyikének távozócsoportja tartalmaz legalább egy nem kötő elektrópárt és ezáltal a következő rezonancia részvétel alakulhat ki.

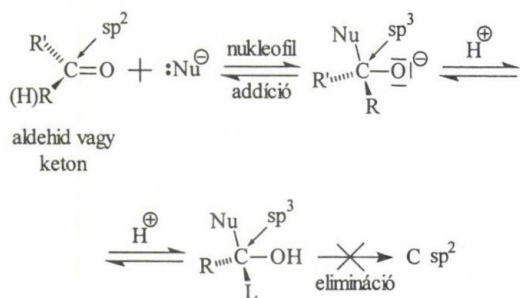


A B típusú kanonikus forma részvételi aránya azért fontos, mert ez a C-L kötés erősségét növeli és így csökken a reakciókészség. A savkloridokban és a tiolészterekben a B forma

részvételi aránya valószínűleg igen kicsi, mivel ehhez a szén 2p orbitáljának a klór, illetve kén 3p orbitáljával kellene átlapolni. A további származékokban 2p orbitálok lapolnak át.

3. A klór erős elektronegativitása pedig a savkloridok igen nagy reaktivitásához ad további magyarázatot.

Az aldehidekben és ketonokban a $\text{C}=\text{O}$ szén szintén sp^2 hibrid állapotú és nukleofilekkel az első lépésben ugyanúgy reagálnak, mint a savszármazékok, vagyis addíciós reakcióval.



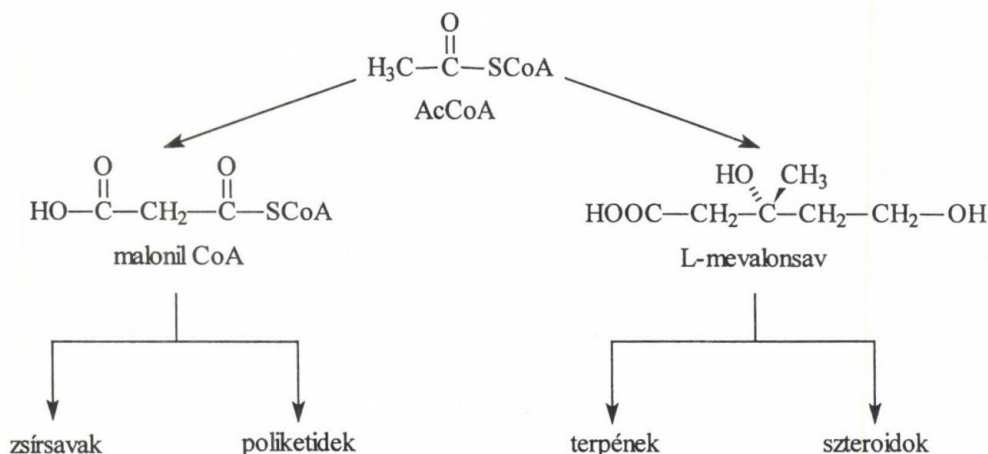
Ahhoz, hogy a reakció eliminációval tovább menjen, H^- vagy R^- (hidrid, alkanid) ionoknak kellene távozni. Ezek a speciesek azonban igen erős bázisok és nem jó távozócsoporthoz tartoznak.

Igen meglepő, hogy több, korszerű és friss tankönyv (2000, 2001) a savszármazékok relatív reaktivitását ismertetve nem tesz említést a tiolészterekről, pedig ezek közül kimagasló bio-

lógiai jelentőségű az acetyl-koenzim-A. Az acetyl-koenzim-A (Ac-CoA) a következő szerkezeti elemet tartalmazza: $\text{CH}_3\text{-COS-CH}_2\text{-CH}_2\text{...}$. Az Ac-CoA fő forrása a szervezetben a zsírsavak lebontása. Az evolúció folyamán a természet által kiválasztott ezen „egyszerű”, nagy reaktivitású és vizes közegben is működő vegyület bámulatosan változatos szerkezetű, jelentős vegyületeket állít elő bioszintetikus úton. A bonyolult bioszintézisek részleteit mellőzve az alábbi ábra ad igen rövid áttekintést.

Irodalom

- [*] D. Seebach: Organische Synthese-wohin? Angew. Chem. 102, 1363-1409 (1990), 1367. oldal.
- [1] T.W.G. Solomons: Organic Chemistry 2. Kiadás, 1980. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. A megfelelő fejezetek.
- [2] T.W.G. Solomons, C. B. Fryhle: Organic Chemistry 7. kiadás, 2000. John Wiley and Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. A megfelelő fejezetek.
- [3] J. Clayden, N. Greever, S. Warren, P. Wothers: Organic Chemistry, 2001. Oxford University Press. A megfelelő fejezetek.
- [4] Elődi P.: Biokémia, 1980. Akadémiai Kiadó, Budapest. A megfelelő fejezetek.



H. Fodor Erika

Módszertani ötletparádé

(Avagy, hogy nyomhatjuk le a kémiát és egyéb természettudományt a diákok torkán?)

„Utálok a kémiát!”

Mindannyian tudjuk, hogy az utálat, a negatív érzelmek sajnos gyakran erősebbek és tartósabbak bennünk, mint a rokonszenv, a szeretet. Mindannyian ismerjük azokat a felméréseket, amelyek azt bizonyítják, hogy a **diákság** legnagyobb része sajnos a „**kémiát, fizikát**” a tantárgyak **kedveltségi listáján az utolsó helyre teszi!** Mindannyian tisztában vagyunk vele, hogy az **érdeklődés felkeltése**, röviden motiváció **nélkül** vajmi **keveset ér** akár a **legszakszerűbben** felépített **tanóra** is. Ha mindannyian nem is, én már szembesültem ezzel. Megláttam diákjaim „üvegesen, értelmetlenül bámuló” szemén, hogy rettenetesen unják a témát, a tantárgyat és vele együtt természetesen engem is! Ugyanakkor ismertem őket, tudtam, hogy az „unott arcok” mögött vidámság, kreativitás lakik. A kérdés, **hogyan tudjuk asszociációs készségüket, kreativitásukat kihasználni, fejleszteni. Hogyan tudunk úgy ismételni, összefoglalni, hogy ne újra és újra szajkóztassuk** tanítványainkkal a „vastag betűs” **fogalmak definícióit** stb. A válasz néhány „nagyokos felnőttek valahol fent” egyszerűnek tűnt; szüntessük meg a kémia tantárgyat az iskolákban! Na jó, első lépésben csak majdnem a taníthatatlanság csökkentsük az óraszámot! Én máshogy gondoltam, én úgy „szüntetem” meg alkalmanként a „kémia tanórát”, hogy **nem a kémiát, hanem a TANÓRÁT HAGYOM EL, becsempésem** nem-

csak a témákba, hanem **módszertani eszközök segítségével is a mindennapokat.** Az órai játékainkhoz, találós kérdéseinkhez, szlogen gyártásainkhoz felhasználhatjuk alapötletként az éppen futó filmcímeket, tévéreklámokat, kvízzjátékokat. A tanórai magyarázatokba, ahol csak lehet, **beépíthetjük a „levegőben lévő” fogalmakat** pl. P.R. munka, piackutatás, kereslet, kínálat, haszon, hatékonyság, kommunikáció stb. Az utóbbiak különösen jól alkalmazhatók a technológiai részeknél. A kénsavgyártás tanítását a következő sztorival is kezdhethük:

Egy maffiózó Szicíliában elmegy vacsorázni, kicsit levert, mert lanyhult az üzletmenet. Oda-lökdösnek elé egy tudósfiát, akiről az hírlík, hogy fantasztikus üzletet hoz a „keresztapának”. A keresztapa vacsora közben hajlandó őt meghallgatni. A nyiszlett vegyész elmakogja, hogy kénsavat kellene gyártani. Micsodát?! – üvölt a főnök, életemben nem is hallottam, mi az. Társai felvilágosítják, hogy ez az a maró folyadék, ami a múltkor kifolyt az autó akkujából, tönkretéve a motorház egy részét. A vegyész közben elrebegi, hogy mi mindenre használják világszerte még a kénsavat. Az öreg maffiózó elgondolkozik:

- A kereslet már megvan, piac lesz az árura, a marketing munkát már elvégezték helyettem.
- Aztán van-e hozzá olcsó nyersanyag, – kérdi a tudóstól, – mert pénzem az nincs rá!
- Azért vagyok itt. – hangzik a válasz. – A nagyapja földje alatt ott a sok kén, az kell hozzá – válaszol a vegyész.

– Kén, kén, de hogy lesz belőle sav? (égetés, stb. a vegyész felírja a tanárral együtt az egyenleteket!)

Amikor a vegyész elér a nevezetes **megfordítható egyenlethez** (kén-dioxidból, kén-trioxid), a főnök, aki csak maffiózó, de nem hűlye, ráordít a megszeppent tudósra, ez a két nyíl csak nem azt jelenti, mint a közlekedési táblán, vagyis hogy **szembejövő forgalom** van? De bizony azt, válaszol a vegyész, és röviden, tömören elmagyarázza a megfordítható egyensúlyra vezető folyamat lényegét.

– Mars ki – kiabál a maffiózó –, se pénzem, se időm nincs arra, hogy kiváram azt hogy elegendő SO_3 gázom legyen a kénsavgyártáshoz!
 – Várjon egy pillanatig – könyörög a vegyész.
 – Épp azért vagyok itt, mert **megtaláltam azt a módszert (nyomás, hőmérséklet katalizátor), amivel a folyamatot felgyorsíthatom, és nagyjából eltolhatom a kívánt irányba.** (A tanár is elmondja.)
 – Aranyat ér ez az ember! – mondta a maffiózó és asztalához ültette a tudóst.....

Elemezzük a fenti sztorit.

- A maffiózó szó sajnos bent van a köztudatban, a gyerek azonnal felfigyel erre a fogalomra, jobban, mintha úgy kezdtünk volna, ma a kénsavgyártásról tanulunk.
- A mese kapcsán **szóba kerülhetnek** olyan fogalmak, gondolatok (a **közgazdaságtanból**) melyek egy **vállalkozás indításához kellenek**, (piackutatás, nyersanyagár, szállítás, csomagolás, kereslet, reklám, haszon, stb.). A mai világban egyre inkább szüksége van mindenkinek ilyen irányú alapismeretekre.
- Nézzük a kémiát: az egyenletek bekerültek a füzetbe és a legnehezebb egyenletet részletesen (Le Chat. elv, katalizátor, stb.) megtárgyaltuk.
- Finoman utalunk arra, hogy a kémiai szempontból képzetlen maffiózó is rájöhethet, melyik folyamat a legizgalmasabb a kénsavgyártás szempontjából.

e) A konkrét példán is hangsúlyozhatjuk, hogy a **vegyész** a mai világban igen **sokat kereshet**, hiszen a gyáros számára nem mindegy, hogy 1 óra alatt **5 kg, vagy 5 t** SO_3 -t állít elő. **A trükkök, amivel a hozamot ezerszeresére lehet növelni, a vegyész kezében, pontosabban fejében vannak.**

A kémia magas szintű tudása komoly hatalom és PÉNZ, a sok egyéb mellett nem árt ezt is hangsúlyozni a szaktárgyunkkal kapcsolatban.

Néhány egyéb „őrület” a kémiaórákról:

Nézzünk meg **egy-egy konkrét példát** a nyelvi játékok, a találós kérdések, a társasjátékok közül.

a) **Közmondás keresése:** „A látszat csal” – Bár a CCl_4 , vagy CO_2 molekula csak poláris kötésekkel tartalmaz, az egész molekula mégis apoláris! „Sok lúd disznót győz” – a ludak a másodlagos kötések, a disznó az elsődleges kötés. Az előbbi gondolattal magyarázhatjuk az ionkristályok, savak hidratációját és diszszociációját.

b) Találós kérdés:

- Hol juthatunk hozzá olyan gyengén savas oldathoz, amelyben az oldott anyag egy enyhén mérgező gáz, és az oldószer egy már 75°C -on égési sérülést okozó folyadék? (Szénsavas üdítők)
- Nekem 3 van abból, amiből a rokonaimnak csak 2. Ráadásul jóval kevesebben vagyunk testvéreimmel, mint a fent említett rokonságom. Azért nem búsulunk, mert így igen változatos, átalakulásokkal teli az életünk. Ki vagyok én?
- Kötte hiszem, kötve, ott vagyok fűben, fában. Van egy ügyes trükköm az unokatestvéremmel, ezt azonban csak néha adjuk elő, ilyenkor én leszek ő, vagy fordítva! Ki vagyok én?
- Főszereplőnk igen érdekes legény. Itt csak kárt okoz, ott meg, ha előfordul, hasznot hajt. Ki ő? Van-e összefüggés az előbbi 3 kérdés között? (mindhárom esetben az O_3 a megoldás)

c) **Társasjáték: Ki vagyok „én”?** (a népszerű tévéműsor mintájára)

Játékszabályok: Egy diák kimegy az osztályból, a többiek a tanár vezetésével (vagy egyedül) kitalálják azt a kémiai fogalmat, anyagot, amelyet fel kell ismernie a kiküldött játékosnak. Amikor a tanuló visszajön, az önként jelentkezők közül a játékvezető választja ki azt, aki egy jellemző tulajdonságát, viselkedésformáját rejtje el, egy-egy találat, gyakran humoros mondatban a kijelölt fogalomnak, vegyületnek. A játék humorát az adja, hogy a tévéből ismert játékhoz hasonlóan, itt is a kiszemelt játékosra vonatkoztatják a felsorolt tulajdonságokat. Nézzük a következő példát:

- Könnyen átlátok rajtad. Mindenhova beférkőzől. Nem akarlak megsérteni, de általában észre se veszek. Hiába, te csak olyan végtermék vagy! Gyakran látnak boros pincék környékén. A fulladás rémét is jelentheted számomra. Nem szereted a nyílt lángot.
- A Te „botod” sose ver! Másokkal szövetkezve, szereped lehet a jéghegyek megolvasztásában is. Jellegzetes szereplője vagy minden ételmisszerboltnak.
- A napfény segítségével csodákra vagy képes. Nem szívesen mégy visszafelé az úton stb.

Látható, hogy vannak olyan mondatok, amelyekből csaknem azonnal felismerhető az elrejtett (CO_2) vegyület, pl. a boros pince, és a nyílt láng emlegetése, de nehezebb a „kitalálás”, ha a bolti szereplést emlegetik, vagy a molekula bot alakjára mutatnak rá, illetve arra, hogy nem szívesen megy visszafelé az úton, tehát ált. nem redukálódik. A játék bármely korosztállyal játszható, hiszen a „kémiai színvonalt” a gyerekek aktuális tudása jelenti.

A játék apró hibája, hogy nem tesz különbséget az egyes molekula és a halmaz közt, pl. „bot alak”, illetve a „fulladás réme”. Újabb 5-ösért a játék végén erről beszélni kell.

d) **„Minden út Rómába vezet”** (asszociációs játék)

A játékhoz csoportonként két dobókockára van szükség. A csoportoknak (3-4 gyerek, ahogy a padban ülnek) kiadok egy papíron két fogalmat, vegyületet, kifejezést stb. Az érdekesség, hogy mind a tíz csoportban ugyanaz a második kifejezés (RÓMA), a kiindulások különbözőek. A feladat: kémiai asszociációkon keresztül eljutni a kijelölt kiindulási vegyülettől a végcélig. Néhány perc múlva minden csoportból egy-egy játékos a táblánál számol be az „út”-ról. Ha előre meghatároztuk, hogy hat lépésből (összesen 8) áll a játék, akkor dobókocka segítségével kiválaszthatjuk, hogy a táblán lévő hat kémiai fogalom, vegyület melyikéről beszéljen a tanuló.

Példa: A nukleinsav összefoglalásán Róma szerepét a DNS játszotta. Íme két csapat „útja” a DNS-ig két különböző kiindulás esetén.

- **Sósav**, – pirol, – purin, – adenin, – nukleozid, – nukleotid, – **DNS**
- **Le Chatelier-elv** – megfordítható folyamat, – egyensúly – észter, szervetlen észter – foszforsav, – ATP – **DNS**

Ebben a nyilvánvalóan asszociációs játékban a „dobókocka” miatt még arra is kell vigyázni a diáknak, hogy csak olyat írjon, amelynek jelentését vagy képletét ismeri, hiszen táblai felelésnél kérdezhetik.

A nyelvi, asszociációs és egyéb játékok szakmai haszna, hogy **lényeglátásra nevel, fejleszti a kreativitást, a nyelvi fantáziát**, alkalmazható óra végén, összefoglalásnál, számonkérésnél, házi feladatként, bevezetésként.

A fenti vagy más típusú játékokra először mi mondunk példákat, majd tanítványaink találnak ki újakat, illetve saját szellemi termékük a szomszéd számára feladványként is szerepelhet. Sokszor a diákok **adnak új ötleteket, találnak ki új játékokat**.

A játékokon kívül **írathatunk verset, mesét, krimit**, drámát! Különösen az összefoglalásoknál ellenőrizhetjük ebben a szokatlan formában diákjaink tudását. A következő műveket a másodlagos kötések „ihlették”:

A buborékverseny (mese)

Egyszer volt, hol nem volt, még a jéghegyeken is túl, hol a nagynyomású vízgőz fűr, volt egyszer 3 kötés, akik azon tanakodtak, hogy melyikük a legerősebb. Sokáig vitatkoztak ezen, de csak nem jutottak dűlőre; míg egy napon a legeszebb – a Hidrogénkötés – gondolt egy nagyot, és így szólt társaihoz:

- Szerintem rendezzünk egy versenyt, az majd eldönti, melyikünk a legerősebb.
- Pompás ötlet! – kiáltotta a másik kettő. – De milyen versenyre gondoltál?
- Háát....azt pontosan még nem tudom. De mindent én találjak ki?
- **Mit szólnátok egy buborékversenyzhez?** – kérdezte a Dipólus kötés.
- Az meg mi a csoda? – vágott közbe a Diszperz.
- A **buborékverseny** abból áll, hogy minden versenyző választhat egy olyan folyadékot, amelyben ő a legnagyobb számban szerepel. Ha ez megvan, akkor elő kell készíteni **három csövet, melyekbe belekerül a három folyadék**, és a pálya végén még helyet szorítanak azonos számú levegőrészecskének is, ők alkotják a buborékokat. „Rajt” vezényszóra a csövek megfordulnak, és a **buborékok** elindulnak fölfelé. **Hármunk közül az lesz a győztes, akinek a buborékja utoljára ér föl a cső végébe, hiszen azt a legnehezebb fölszakítani.** Na mit szoltok hozzá?
- Zseniális vagy! – lelkendezett a Hidrogénkötés.
- Akkor ki mit választ? Csak azért kérdezem, mert föl kell írnom a Tudományok Könyvébe, no meg azért is, mert Novák Áginak 2001-ben indokolnia kell. Kotnyeleskedett közbe a **mindenütt jelen lévő Kova Len(c)si.**
- Én a CCl_4 -et! – kiabálta a Diszperz.
- Én a vizet! – harsogta a Hidrogénkötés.
- Jó, én pedig az alkoholt – mondta a Dipólus.

Az előkészületek kezdetüket vették. A kémia szertárban Önkéntesek segítettek a három kötésnek megtölteni az üvegcsöveket a kívánt anyagokkal.

A verseny helyszínén érezhető volt a **felületi feszültség!**

Rajt! – dördült el a startpisztolyt helyettesítő segéd hangja.

A verseny csak pár másodpercig tartott. Sokak meglepődésére a nagyszájú Diszperz nyert, ám most nem ez volt a verseny célja. A Dipólus lett a második, a Hidrogénkötés pedig az utolsó!

Igen ám, de itt az utolsóból lett az első: kiderült, hogy a Hidrogénkötés a **legerősebb másodlagos kötés, hiszen őt a legnehezebb felszakítani.** A győztes elnyerte a megtisztelő HÍD rangot is, és örömeiben úgy elterjedt, hogy jutott belőle az óceánoknak, minden élő szervezetnek és Benned is fellelhető 10^{20} db! Ó, Kedves Olvasó! (Novák Ágnes 9. a.)

Íme erről a témáról egy lírai mű is.

A VÍZ

Mi a víz, melyből az élet származik,
S mi a víz, mely a csapból kifolyik?
Mi a víz, melyben az élet született,
S mi a víz, mely nélkül élet nem lehet?
Miből áll a folyó, s miből a tó?
A hatalmas tenger, s a kis tocsogó?
Két hidrogén, egy oxigén – ez nem elég,
Közé kell még rendszerint egy „szigma” kötés!
De mire megy egy molekula egyedül,
Magában, a semmi közepén, társ nélkül?
Kell egy pár, de ketten együtt mit sem érnek,
Ha nincs kapocs, mi összeköti őket.
Kapocs kell hát, s ez a HIDROGÉNKÖTÉS,
Mit ki nem találhat semmi emberi ész!
Nagy csoda ez, melynek köszönhető a lét,
S minden, amire azt mondhatjuk – él....
De a két molekulához még több is kell,
Hogy az anyag most már testet is ölthessen.
Csatlakoznak egyre többen, készül a víz,
Próbáld úszva felbontani, a H HÍDDAL alig BÍRSZ!

Természetesen a legkiválóbb **nyelvi lelemény és játék sem helyettesítheti** a kémiaórán a tapasztalatokat, azaz a **kísérleteket!**

A fentiekkel csupán csak azt szerettem volna bizonyítani, hogy a **gyerekek alkotó, kreatív társaságában lenni élvezet**, azaz röviden **TANÍTANI JÓ**, nagyon jó (még a kémiát és egyéb természettudományt is)!

Kovácsné Csányi Csilla

A szén és vegyületei

Projekt 8. osztályban

A kémia népszerűbbé tételével minden kémiatanárnak foglalkoznia kell. Próbálkoznunk kell minden olyan módszerrel, ami ezt elősegíti.

A projektekben¹ a tanulónak egy témát komplex módon kell feldolgozniuk. Több tanár, vagy akár a teljes tanári kar is segítheti egy-egy projektben a diákok munkáját. Kidolgozhatók azonban egyetlen tantárgy keretében is, de ebben az esetben is lényeges, hogy a részeket egységben igyekezzünk látni. A projekt életszerű, mert a hétköznapi életben is problémákkal találkozunk, és az adott feladatot sokoldalú tudásunkkal igyekszünk megoldani. A projekttel a valóságos tevékenységet tudatosan adaptáljuk a pedagógiai folyamatba. Segítségével „az élet által az életre” nevelünk. A projektekben a gyermek aktív, cselekszik, tapasztalatokat szerez. Mód van arra, hogy különböző képességeit társaival, tanárával együttműködve kibontakoztathassa. A projekt kooperációra, felelősségvállalásra nevel.

A nyolcadik osztályban a szerves kémiai tanulmányok során a halogének, az oxigén és nitrogén csoport megismerése után a szén és vegyületei következnek. A tanulók megszokták és begyakorolták az egyes elemek megismerésének módszerét. A karácsonyi szünet előtt alkalom kínálkozott arra, hogy önállóan, illetve csoportmunkában, projektszerűen dolgozzák fel a szénnel kapcsolatos ismereteket. Az alkalmazott csoportmunka-módszert Arányiné Haman Ágnes tanárnő bemutató óráján, a Váci Utcai Ének-Zenei Általános Iskolában (1056. Bp. Váci u. 43.) láttuk a Fővárosi Pedagógiai Napokon

2001-ben. Arányiné „A kooperatív tanítási, tanulási technikák alkalmazása” címmel 2002-ben Egerben, a Kémiatanárok Nyári Országos Továbbképzésén tartott erről a módszerről előadást. (Az előadás vázlata megtalálható a konferencia kiadvány 89. oldalán.)

A projektet két párhuzamos osztályban próbáltam ki, a Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Gimnáziumban. Mindkét osztályban Albert Attila – Albert Viktor – Paulovits Ferenc: Kémia 8. című könyvét használják a tanuláshoz a diákok, melyet a Műszaki Könyvkiadó adott ki. A projektet indító órára a gyerekeknek az Albert Attila – Albert Viktor – Kiss Zsuzsanna – Paulovits Ferenc: Kémia 7. című könyvet is el kellett hozniuk.

A projekt indító óráján mindkét osztályban 5 csoportot alakítottam ki I–V-ig (tehát a római számok a csoportokat jelölték). A tanulók megválaszthatták, hogy kikkel szeretnének együtt dolgozni, de ügyeltem arra, hogy a csoportok kellően heterogén összetételűek legyenek. (Minimális beavatkozásra volt csak szükség. Azokat a tanulókat irányítottam csupán, akik nehezen választottak csoportot.) Az egyes csoportok 5-6 főből álltak. Minden csoportban 1–5-ig megszámoztam a tanulókat (tehát az arab számok a csoporton belül az egyes tanulókat jelölték). Ők lettek az egyes részmunkák szakértői. A számozáskor vigyáztam arra, hogy az egyesek, kettesek... stb. között is legyen kémiát kedvelő, eredményesebb és kevésbé eredményes tanuló. Az azonos (arab) számot kapott tanulók a feldolgozás során azonos témát kaptak.

Az 1-es számot kapott tanulók részterülete a szén és módosulatainak megismerése volt. A kettes számú tanulóknak a természetes és mesterséges elemi szénekkel, a hármasoknak a szén-monoxiddal és a szén-dioxiddal, a négyeseknek a szénsavval és vegyületeivel, az ötösöknek a szén szerves vegyületeivel kellett foglalkozniuk.

Azt kértem a diákoktól, hogy vegyék elő a hetedik és a nyolcadikos tankönyvet, és mindenki keresse ki és olvassa el a témájába vágó tananyagrészt. Tisztázzák a csoporton belül, hogy a tankönyvben található információk ki- nek a területéhez tartoznak. Vegyék figyelembe a tankönyvekben található érdekességeket, kísérleteket is.

Ezen az órán a tanulók azt a házi feladatot kapták, hogy otthon, saját könyvtárukban, illetve az iskolai könyvtárban keressenek a témájukba illeszthető további érdekességeket könyvekből, illetve az interneten. Igyekezzenek a kapott részterületet minél sokoldalúbban feldolgozni. Fontos szempont az egészség, a környezetvédelem. A felhasznált könyv, cikk szerzőjét, címét, kiadóját, a kiadás dátumát és az oldalszámot, illetve a web-lap címét jegyezzék fel és ezt a listát minden csoport csatolja majd a produkcióhoz. Készítsenek saját témájukról feljegyzéseket. A gyűjtés során a szelektálás szempontja az legyen, hogy a talált információk minél sokrétűbben mutassák be a kapott anyagot/anyagokat és annak/azoknak jelentőségét, hasznát a hétköznapi életben.

A projekt 2. óráján összeültek az egyes csoportokból az adott téma szakértői, azaz az (arab számmal jelölt) egyes, kettes... stb. tanulók. A feladat az volt, hogy vessék össze, hogy ki, mit tartott fontosnak, megtanulandónak a tankönyvek szövegéből és milyen kiegészítéseket talált. Közösén kellett szelektálniuk a gyűjtött információkat, melyek azok, amelyeket mindenkinek meg kell tanulnia, mert olyan fontosak és melyek azok, amelyeket el kell mondani a csoportnak, mert érdekesek és melyek azok, amelyekről nem érdemes beszélni,

mert az adott időkeretbe nem férnek bele, vagy nem jelentősek. Az egyesek szakértői csoportja megkapta a munkához a gyémánt, a grafit és a fullerén modell, a hármasok a szén-monoxid, szén-dioxid kalottmodell. A szakértői csoportnak el kellett készítenie azt a vázlatot, amelynek alapján az eredeti csoportban a résztéma ismertetését a szakértő tanulók képesek lesznek elvégezni, és amelynek alapján saját csoportjuk tagjai megjegyezik a lényeges információkat.

A harmadik, negyedik és ötödik órán az eredeti I-V csoportbeosztás szerint ültettem le a tanulókat. A harmadik, negyedik órán az volt a feladat, hogy a szakértő tanítsa meg a többieknek, amit a saját részterületében tanult. Készítsenek közös vázlatot! Készüljön egy olyan példány, amit a csoport a projekt befejezésekor a projektvezető tanárnak bead. Ez az egyes csoportok produkciója. Ezt a vázlatot mindig az adott téma szakértője írja, hiszen az ő füzetében már megtalálható az adott részterület vázlata. Mivel a produkció elkészítésére két órát szántunk, a kevésbé lelkiismeretes szakértőknek még volt lehetőségük a pótlásra.

A harmadik óra elején tanári demonstrációs kísérletben bemutattam a következő kísérleteket: a fa száraz lepárlása, az aktív szén tintát megkötő képessége, a szódavíz (szénsav) kémhatásának kimutatása (lakmusszal) és bomlékonysága, reakciója nátrium-hidroxiddal és meszes vízzel, metán és alkohol égése. A kísérleteket a feldolgozás során, a korábban már rendszeresen alkalmazott, tanult logika szerint (kísérlet, megfigyelés, következtetés, magyarázat) kellett a tanulóknak rögzíteniük a füzetben.

Az óra végén figyelmeztettem a diákokat arra, hogy otthon tanulják meg vázlatuk és tankönyvük segítségével azt az anyagrészt, amit az órán sikerült megbeszélni. Ez feltétlenül szükséges, mert a projekt záró órájára nehéz lenne egyszerre öt anyagrészt megtanulni.

Az 5. órán minden csoport elkészült a produktummal.

A hatodik óra a szünet előtti utolsó órára esett. Ekkor a tankönyvben található tananyag végén lévő kérdéseket és feladatokat osztottam ki a csoportok között úgy, hogy minden csoport minden anyagrészből kapjon kérdést. Az egyes csoportok válaszait pontoztam.

Értékelés

A szünetben átnéztem produktumaikat és a hatodik órán kapott pontok beszámításával minden csoport munkáját leosztályoztam. A két osztály kétszer 5 csoportja közül egynek adtam közepes, és osztályonként kettőnek ötös osztályzatot. A többi csoport munkáját jóra értékeltem.

A szünet utáni első órán értékeltem a diákok munkáját szóban is. Elmondtam, hogy a csoportmunka minősítésénél mit értékeltem pozitívként. Az anyag vázlatsterű feldolgozását, áttekinthető, könnyen tanulható taglalását preferáltam. Elvártam, hogy a megtanulandó képletek, egyenletek hibátlanul szerepeljenek a beadott anyagban. Pozitívként értékeltem, ha az interneten, vagy szakkönyvekben talált anyagot jelentőségének megfelelően tudták beépíteni a vázlatba és megadták az információ származásának pontos helyét. Pozitívként értékeltem, ha összehasonlító táblázatot készítettek pl. a szén-allotropok, a szén-monoxid és a szén-dioxid esetében, és azt is, ha a kidolgozásba beépítették a hetedikben tanultakat is.

A kijavított vázlatok másolatát minden csoporttag megkapta.

Az óra utolsó részében „kilépő kártyát” íratam a tanulókkal. Ebben először is azt kértem tőlük, írják le, hogy mit nem értettek a feldolgozás során. Majd megkérdeztem, hogy mi a véleményük a feldolgozás effajta módjáról, továbbá, hogy milyen segítséget kaptak, találtak a feldolgozás során és mennyire elégedettek a kapott jegyekkel.

A gyerekek nagy többsége elégedett volt a projektszerű feldolgozással. Például: „Szerintem

jó ötlet. Segít abban, hogy mindenki együttműködjön, jobban odafigyelünk. Mindenki kiveszi a részét a munkából.” „Nagyon tetszett, remélem sokszor lesz ilyen.” „Jó, hogy egy témát én magyarázhattam el a többieknek és jobban értettem a többiek témáját is.” Volt ellenvélemény is. „Szerintem jobb csoportok nélkül tanulni, így csak elvesztegetjük az időt. Ha Csilla néni magyarázza el, az sokkal jobb.” Az értékeléssel főleg azok a jó tanuló diákok voltak elégedetlenek, akiknek a csoportmunkára kapott osztályzata rosszabb lett, mint korábbi teljesítménye, de ilyen azért kis számban volt.

A következő órán időt hagytam arra, hogy segítsék azokban a kérdésekben a diákoknak, amit esetleg nem értettek, de nem sok ilyen volt.

Mit csinálnék másként?

Hegközelebb határozottan kineveznék 5 csoportvezetőt. Véleményükből kiderül, hogy ez a korosztály igényli, hogy a vitás kérdésekben a csoportvezető döntsön. Erre korábbi, gimnazistákkal végzett projektjeim során nem volt igény.

Jobban kell figyelni a csoporttagok által kapott időre is, mert voltak csoportok, ahol az elsőnek megszólaló tanulók elhúzták az időt és az utolsóknak kevesebb idő maradt.

Javaslom minden kollégának a projektmódszer kipróbálását. Azt nem gondolom, hogy a teljes tananyagot így kellene feldolgozni, de alkalmas időpontokban, alkalmas anyagrészeknél, ha a diákok már elég tapasztalatot szereztek az új anyag feldolgozásának megfelelő módjából, lehet alkalmazni. Feltétlenül változatosabbá teszi a tanítást és számos, a hétköznapi életben való boldogulást elősegítő tulajdonság fejlesztését teszi lehetővé.

Irodalom

- [1] Hortobágyi Katalin: Projektkézikönyv ALTERN füzetek 10, Iskolafejlesztési alapítvány.

Dr. Szalay Tibor

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

II. A beton- és vasbeton-szerkezetek állapotjellemzői romlásának okai

(OTKA TO 32-055: Betonszerkezeti állapotjellemzők kárhalmazódás okozta változásai, a diagnosztikai vizsgálat eszközei, a megelőzés és felújítás lehetőségei)

Bevezetés

A század- és ezredfordulón senki sem foglalkozhat úgy betonnal, hogy ne törődjék annak tartósságával. (L. környezetkárosító hatások fokozódása, ózonlyuk, savas eső, ipari, mezőgazdasági, közlekedési, kommunális stb. szennyezések.) Ebben a „foglalkozásban” pedig kiemelkedő szerepű és jól kihasználható az a tudományos eszköz-, illetve módszertár, amellyel az anyagi rendszerek egyre jobban megismerhetők. Immár nemcsak makro- és mikro-, hanem *molekuláris szintű* keletkezésük, átalakulásuk, vagyis – általában – a bennük zajló események is jól elérhetők, vagy legalább is megközelíthetők, miáltal tökéletesebb képet alkothatunk róluk. (L. Nanorendszerek és kiterjedt vizsgálatuk.)

Új lehetőségek teremődtek nemcsak az új, hanem a használatban lévő és netán már különböző okokból károsodott beton- és vasbetonszerkezeteknek, a korábbiaknál megbízhatóbb diagnózisára és jobb felújítására.

Csak utalni tudunk a mikroelektronikai eszközök és műszerek, illetve módszerek egész sorára, amelyek használata elterjedőben van, úm. különböző elektronmikroszkópok és -szondák, képfelbontó analizátorok, atomerő-mikroszkópok,

NMR-spektrométerek, röntgen-diffraktométerek és termomérlegek.

A *szuper-, vagyis nagyteljesítményű és nagy szilárdságú betonok* eleve új helyzetet teremtenek az időálló és a különféle környezeti (pl. korróziós) hatásoknak is tartósan ellenálló szerkezetek tervezésére és megalkotására.

A beton és vasbeton megbetegedései

Aligha kell magyarázatni, hogy a gyakorlati okokból elkerülhetetlen, ezért bizonyos határokig ismerten megengedett szulfát- és klorid-tartalom, vagy más rácsidegen szennyezések mellett manapság fokozottabban kell számolni a beton állapotára döntően ható és az azt megváltoztató külső behatásokkal, vagy tényezőkkel is, mint pl. savas esők, szulfátos talajvizek, iparvidéki vagy tengeri atmoszférák, fagyásgátló és csúszáscsökkentő sók, műtrágyahulladékok. A továbbiakban ezek következményeit kíséreljük meg körvonalazni és összefoglalni.

1. A beton savanyodása és annak következményei

1.1. Az elkarbonátosodás

A tiszta és száraz levegő szén-dioxid (CO_2)-tartalma 0,031 térfogat %, illetve 0,047 tömeg %. Azt sem árt tudni, hogy a hőmérséklettől ($^{\circ}\text{C}$) függően mennyi az 1 m^3 vízgőzzel telített levegő víztartalma (g): 0: 4,87; 10: 9,36; 20: 17,16 és 30: 30,09.

A CO_2 – közvetlenül a levegőből – gázként és vízzel – oldott alakban – is bejuthat a beton-

ba, és pedig a hőmérséklettől (T) és a nyomástól (p) függő mértékben, előbb fizikailag oldódik, majd kémiai reakcióba lép a vízzel, miközben szén-sav (H_2CO_3) keletkezik. Ez viszont – mint ionos vegyület, vízben – azonnal ionokra (H^+ , HCO_3^- és CO_3^{2-}) bomlik.¹ A beton, kezdeti kb. 13, és a továbbiakban előbb kissé növekvő, majd rendkívül lassan csökkenő lúgos pH-ján azonban – döntően – csak karbonát (CO_3^{2-})-ionként, vagy száraz betonban, szabad állapotban, CO_2 – alakban is.

Érdemes megjegyezni, hogy pl. *savas esők hatására* (a pH < 4 is lehet!), a betonépületelemek peremén *cseppkövesedés lép fel*, azaz a kalcium-karbonát vízben jobban oldódó kalcium-hidrokarbonáttá ($\text{Ca}/\text{HCO}_3/2$) alakul át, majd kijutva a felületre, szénsavra (H_2CO_3) és kalcium-karbonátra (CaCO_3) esik szét, mely utóbbi aztán kicsapódik és *szilárd cseppként* növekszik, kikristályosodik.

A beton karbonátosodásának a sebessége függ a környezet CO_2 – koncentrációjától, a beton átjárhatóságától (permeabilitásától) és nedvességtartalmától (a nedvesség gátolja a gázok, pl. CO_2 és O_2 közvetlen behatolását!), károsodtságának fokától (a „folytonossági hiányoktól”) és a környezet relatív nedvességtartalmától. A karbonátosodás a hőmérséklet növekedésével fokozódik, amennyiben eléri, vagy meghaladja az 50-70 %-ot. A karbonátosodás mélysége, jó közelítéssel az időtartam négyzetgyökével arányos. (1-4 év alatt a behatolás mélysége megkétszereződik, és ismét megkétszereződik 4 és 10 év között.)

1.2. A szulfátionok jelenléte, behatolása és a következmények

A cementhez gyakran adagolnak gipszet ($\text{Cs} = \text{CaSO}_4$), egyrészt a klinker őrlésének megkönnyítésére, másrészt a cement megkötődésének (hidratáció) a lelassítására. A vezetékes víz is

tartalmaz szulfátiont (mennyiségét az ivóvíz-szabvány korlátozza), de a talajban, a felszíni vizekben és a talajvizekben is ez a leggyakoribb ion.

A kémia sokirányú fejlődése lehetővé tette, hogy a cement és a beton tulajdonságait különböző kemikáliákkal megváltoztassák, vagy befolylásolják. A felületaktív képlékenyítők vagy folyósítók mellett kiterjedten alkalmaznak kötőkésleltetőket és – gyorsítókat, léggöruskepzőket, fagyáscsökkentőket stb. Sokszor magának a cementnek az összetételét is megváltoztatják. Pl. a szokásosnál több alumínium-oxidot (Al_2O_3) tartalmazó (l. celit = C_3A , ahol C = CaO) cement gyorsan és nagy hőfejlődés közben hidratálódik. De említhetjük az ún. heterogén, vagy salakos cementek térhódítását is, amelyek – eredetüknél fogva – a szokásosnál több szulfátot és alumíniumot tartalmazhatnak. Következésképpen a korábbinál nagyobb figyelmet fordítanak a – már a friss betonban is – képződő **ettringitre**, de különösképpen a másodlagos, vagy elhúzódó ettringitképződésre (angolul delayed ettringite formation = DEF).

A vízzel (= H) gyorsan reagáló celit, a kalcium-hidroxiddal ($\text{Ca}/\text{OH}/2 = \text{CH}$) egy C_4AH_{13} összetételű fázist képez, amely – mint hangsúlyoztuk – a mindig jelenlévő (és a környezetből behatoló) szulfátionokkal ettringitté ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{Cs} \cdot \text{H}_{32}$) alakul át, ami a friss beton pH-ján lebomlik, pl. monoszulfáttá ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Cs} \cdot \text{H}_{12}$). (Ez utóbbi természetesen közvetlenül is képződhet.)

Az ettringit összetételéből következik, hogy móltérfogatát elsősorban a víztartalom határozza meg, ezért mind keletkezése, mind lebomlása **nagy térfogatváltozással** jár. Következésképpen jelentősen hozzájárulhat a cementkő (és beton) duzzadásához és zsugorodásához, ami viszont *kihát a betonmátrix permeabilitására*, azaz a betonban fellépő anyagtranszportra (a nedvesség, mint ionokat tartalmazó elektrolit, valamint az oxigén- és széndioxid-molekulák mozgására).

¹ A tiszta vízben, a sav/bázis határon, a hidrogén- és hidroxidionok koncentrációja azonos, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$, ezért definíció szerint a $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 7$, amely érték egyben a semleges oldatok jellemzője is.

Az ettringit stabilitása erősen függ „közege” (l. pórusfolyadék vagy „pórusvíz”) pH-jától. A stabilitás alsó határa $\text{pH} = 10,7$. Következésképpen minél inkább csökken a beton pH-ja, annál inkább fellép a másodlagos, vagy elhúzódo ettringitképződés, aminek biztos jele, hogy a betonelemek felületi repedéseiben megjelennek az ettringit hexagonális és tűs kristályai.

2. A kloridionok jelenléte, behatolása és a következmények

Érdekes tapasztalat következménye, hogy a beton készítésekor a „bekevert” klorid mennyisége a cementre vonatkozóan elérheti az 1 %-ot, de a kész betonba (útszászból, tenger- vagy talajvízből stb.) behatoló mennyiség már nem lehet több 0,2 %-nál, sőt a feszített betonelemekben ez már nem haladhatja meg a 0,1 %-ot sem.²

A kloridionok jelenléte és koncentrációjának növekedése nemcsak a vasbetétek korróziója, hanem magának a betonmátrixnak az eróziója miatt is káros. (Az erózió annak a következménye, hogy a kalcium-klorid (CaCl_2) nagyon jól oldódik vízben, és a beton ingadozó nedvességtartalma következtében kimosódik, „kivirágzik” a beton felületén.)

A kloridionok ciklikusan segítik elő az acélbetétek korrózióját, mert pl. savasodás miatt a legyengült/megvékonyodott passzívrétegen áthatolnak, és vízben jól oldódó oxi-klorohidroxo-vas(II)-komplexet képeznek, amely komplex a betétek határfelületi rétegébe jutva elbomlik. A vas(II)-ionok feloxidálódnak, és ezáltal nagyon rosszul oldódó vas(III)-hidroxid ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) keletkezik, miközben a kloridionok felszabadulnak.

Terjedelmi okból nem részletezhetjük, de nagyon tanulságos a következő táblázat, amiből

kitűnik, hogyan változik az oxigénmolekulák és a kloridionok mozgása, pontosabban effektív diffúziós együtthatója, különböző betonokban.

Hagyományos betonban		TR 31 betonban*		Mikrobetonban**	
O_2	Cl^-	O_2	Cl^-	O_2	Cl^-
$21 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-12}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-14}$

Az oxigénmolekulák és a kloridionok effektív diffúziós együtthatója (D , m^2/s) különböző betonokban

** UK Concrete Society Technical Report szerint definiált 31. sz. beton*

*** Felújításra kifejlesztett, szuperbeton*

(Vegyük észre, hogy a semleges oxigénmolekula diffúziósebessége éppen egy nagyságrenddel csökken, szemben a közel két nagyságrenddel kisebb kloridával. Ez utóbbi a betonacél korróziója szempontjából óriási jelentőségű. Sajnálatos módon a forrásmunkában a CO_2 -ra is közölt hasonló adatok nem valósak. Ugyanis az O_2 adataiból extrapolálással nyerték őket, miközben tudjuk, hogy a szén-dioxid számára a beton reaktív közeg. Ennek következtében a CO_2 koncentrációja helyről-helyre és időről időre változik.)

3. Az alkáliszilikát-reakció (ASR)

Általános értelemben minden kalciumszilikát-hidrát (=CSH) „puccolánreakció” terméke. (Az elnevezés onnan ered, hogy az ókorban a rómaiak a – mai nevén – Pozzuoliban bányászott vulkáni hamut égetett mésszel keverve a cement őseként használták.) A szakzsargon azonban ezt a kifejezést csak azoknak az anyagoknak a megnevezésére és megkülönböztetésére használja, amelyeknek nagy az „aktív kvarc”-tartalma. (Ez utóbbi azt jelenti, hogy olyan szilícium-oxidok, vagy inkább szilikátféleségek, amelyeknek a felületén sok $-\text{SiO}/\text{OH}$ -összetételű csoport van. Az ilyen anyagok lehet-

² A tengerparti, vagy sóval (általában ionokkal) szennyezett adalékok használatakor általában, de a különféle adalékszerek alkalmazásakor is, nagy figyelmet kell fordítani a betonkeverék várható, teljes kloridion-tartalmára. (L. pécsi toronyház nagy feltűnést keltett életveszélyessé nyilvánítása 1985-ben, amikor a PU-paszta egyik komponensének rendkívül nagy kloridiontartalma okozta a problémát.)

nek természetes eredetűek (traszok), vagy ipari hulladékok és melléktermékek /szilikapor, szálló pernye vagy kemencefenék-hamu, őrlött granulált kohósalak). Ezek a véghelyzetű csoportok a főlös kalcium-oxiddal, illetve -hidroxiddal ugyanúgy CSH-ot képeznek, mint a megfelelő klinkerásvány-fázisok.)

A vázolt puccolánaktív anyagok azonban késleltetik a cement/beton megkötődését és megszilárdulását, aminek az ellensúlyozására megemelik a (pl. heterogén) cement alkálifém-oxid-tartalmát. Innen ered az *alkáliakkal aktivált reakció* (AAR) megnevezés, ami egy sajátos változata az alcímben kiemelt és tágabban értelmezhető alkáliszilikát-reakciónak (ASR).

Az ASR veszélyessége a képződő, vízben viszonylagosan jól oldódó alkálifém-szilikátokban rejlik, amely anyagok a nedvességtartalomtól függően, vagy oldatba mennek és idővel kimosódnak vagy csak duzzadást okoznak. Következésképpen **mindkét jelenség megnöveli a betonmátrix repedési hajlamát.**

4. A betonacél-betétek elektrokémiai korróziója

Az elektrokémiai reakciónak az a különlegessége, hogy a reaktánsoknak (esetünkben a vasatomoknak és az oxigénmolekuláknak) nem kell találkozniuk, mert a reakció *térben elkülönülve, egy különleges reagens, az elektron és elektrolit közreműködésével megy végbe.* (Az elektromosan vezető, ionokat tartalmazó oldatot nevezzük elektrolitnak.)

Az anódos folyamatban, a betonacél felületén, az anódon a vasatom oxidálódik (Fe^{2+} -ion keletkezik), és a külső felületen az elektrolit rövidre zárja a katódot, ahol a fémbe odaáramló (az anódon felszabadult) elektronok a vízmolekulával társult oxigént redukálják ($\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{OH}^-$). Az így keletkező „korróziós” termékekből előbb vas(II)-hidroxid lesz, ami aztán – további oxidációval – vas(III)-

hidroxiddá alakul, majd végül is „rozsdá” lesz. A rozsdá nem pontosan meghatározható összetételű. (Lehet, pl. $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ vagy $\text{FeO}/\text{OH}/$.)

A vasbeton-szerkezetek korróziós termékének, a rozsdának a móltérfogata³ az összetételtől függően többszöröse is lehet a vasénak, ezért a betonmátrixban belső mechanikai feszültségeket gerjeszt. A betonacélok mentén előbb repedések, majd felhasadások jelentkeznek.

Terjedelmi okból csak utalhatunk arra, hogy a vázolt elektrokémiai korrózió mikro- és makrocellás mechanizmussal is végbe mehet. Az utóbbi a *veszélyesebb változat*. (Méretüknél fogva a vasbeton-szerkezetekben eleve ezzel kell számolni.) Ennek egyik megjelenési formája a **lyukkorrózió**, ami azt jelenti, hogy az acélbetéteknek csak kis (anódos) helyére koncentráliódik a vas oxidációja (vas/II/-ionok keletkezése), szemben a redukcióval (hidroxidionok keletkezése), ami az összes maradék (katódos) helyen következik be. (A pécsi toronyház esetében a feszítő acélsodrony /„pászma”/ acélszáalai az átfűzés helyén közvetlenül, és csak az előre gyártott betonoszlopokból kilépve vékonyodtak, illetve gyengültek vagy szakadtak el.)

Összefoglalás

A műszaki és a természettudományok nagyleptékű fejlődése, de különösen az anyagtudományok kialakulása és eszközeinek/módszereinek, valamint az építő vegyi anyagok tömeges elterjedése részben hatalmas lendületet adott az építőiparnak, és ezért valamiféle újjászületésének lehetünk tanúi, másrészt azonban a kimagasló eredmények mellett újabb problémákra derülhetett fény, illetve lehetőség nyílt ezek megoldására.

Ebben a munkában megkíséreltük felvázolni és összefoglalni, hogyan lehet kémiai szemszögből nézve értelmezni a beton- és vasbeton-szerkezetekben bekövetkező károsodások mikéntjét és mechanizmusát.

³ Pl.: $V(\text{Fe}) = 7,11 \text{ cm}^3/\text{mol}$, $V(\text{Fe}/\text{OH}/_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}) = 44,8 \text{ cm}^3/\text{mol}$.

FELHÍVÁS!

Kedves Kémia tanár Kollégák!

A XXI. Kémia tanári Konferenciát 2004. augusztus 15. és 19. között Pécsen, „A KÉMIA ÉS A TÁRSUDOMÁNYOK KAPCSOLATA” címmel rendezi meg a Magyar Kémikusok Egyesülete Oktatási Bizottsága, a Pécsi Tudományegyetemmel és a Fővárosi Pedagógiai Intézettel közösen.

A Kémia tanári Konferencia egyben 30 órás akkreditált továbbképzés, melynek része egy fél-napos tanulmányi kirándulás is.

A konferencia várható részvételi díja: maximum 30 000 Ft.

A szálláslehetőségekről és azok várható költségeiről később tájékoztatjuk a jelentkezőket, illetve a konkrét információkról folyamatosan tájékozódhatnak a www.mke.mtesz.hu honlapról.

A konferencia **várható kezdési időpontja:**

2004. augusztus 15., vasárnap

17.00 óra ünnepélyes megnyitó

17.30-18.30 plenáris előadás

A várható befejezés:

augusztus 19., csütörtök 12 óra.

A továbbképzésben plenáris előadásokat, szóbeli, gyakorlati (demonstrációs, illetve labor) foglalkozásokat, poszter szekciókat, illetve kirándulás szervezését tervezzük.

A szekciók tervezett témái:

- Környezet- és egészségvédelem a kémia tanításban
- Új módszerek, új eljárások a kémia oktatásában

- Fizikai-kémiai mérés technikák
- Élettudományok és a kémia
- Kísérletek a természettudományos oktatásban (gyakorlati szekció)
- Poszter szekció
- Egyéb (a bejelentett előadások alapján)

A gyakorlati foglalkozásokra gyors, olcsó, egyszerű tanulói és demonstrációs kísérleteket várunk.

A konferencia a **Kémia tanárok Nyári Országos Továbbképzése** címen. T 300 730-1219/1999 alapítási engedélyszámon és a XXV/2/2000 indítási engedélyszámon nyilvánított, 30 órás akkreditált tanár-továbbképzési tanfolyam, mely megtalálható a 2003 decemberében kiadott továbbképzési jegyzékben.

A Tanúsítvány megszerzésének feltétele a konferencia részvételi díjának befizetése, részvétel a konferencia előadásain, gyakorlati foglalkozásain, a tanulmányi kiránduláson, valamint választható az alábbiak közül az egyik:

- Előadás vagy gyakorlati foglalkozás tartása a konferencián.
- Poszter készítése a konferenciára.
- Tanítási segédanyag készítése 8-10 oldalas terjedelemben – a konferencia előadásainak, gyakorlati foglalkozásainak felhasználásával. A dolgozatokat 2004. szeptember 30-ig kérjük beküldeni Hajnissné Anda Éva részére. (Magyar Kémikusok Egyesülete 1027. Budapest, Fő u. 68.)

A tanúsítványok postázása 2004. november 30-ig a Magyar Kémikusok Egyesületétől várható.

AJÁNLOTT TANTERV

A közoktatásról szóló törvény szerint 2004-ben az iskolák új pedagógiai programot, illetve a NAT 2003 alapján helyi tantervet készítenek. Az iskola az oktatási miniszter által kihirdetett kerettantervek alapján is elkészítheti helyi tantervét. A Mozaik Kiadónak az OM által kiírt pályázatra benyújtott kerettanterv-rendszerét az Országos Köznevelési Tanács ajánlott tantervként kihirdetésre javasolta.

A tanterv letölthető a kiadó honlapjáról a www.mozaik.info.hu címről, CD-n megrendelhető (6701 Szeged, Pf. 301. vagy rendeles@mozaik.info.hu), illetve megjelenik a kerettantervek kiadásáról szóló miniszteri rendelet mellékleteként, s hozzáférhető az OM honlapján is.

MOZAIK KERETTANTERVRENDSZER NAT 2003

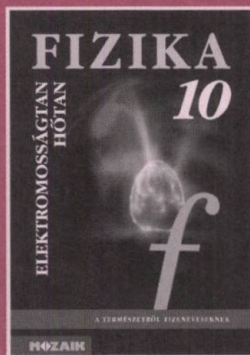
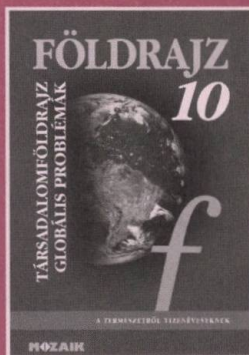
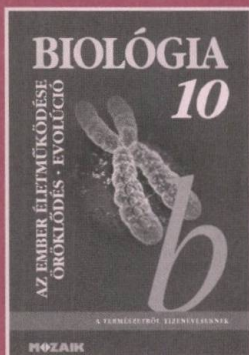
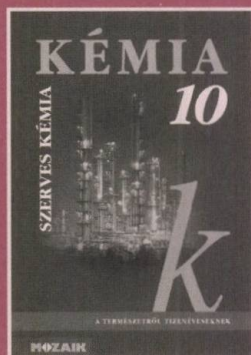
Az általános iskolák
és a gimnáziumok számára

ALSÓ TAGOZAT
FELSŐ TAGOZAT
GIMNÁZIUM

MOZAIK

MOZAIK – NAT 2003
Kerettantervrendszer
www.mozaik.info.hu

A HUNDIDAC 2003. VERSENY ARANY-DÍJAS KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu

2

A Sanderson-féle
elektronegativitás

(Dr. Galbács Zoltán)

Az építőipar újjászületése –
kémiai segédlettel

(Dr. Szalay Tibor)

A Schrödinger-egyenlet
előzményei
(hullámmechanika)

(Dr. Makleít Sándor)

XII. ÉVFOLYAM 2004

3

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1350 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

A Sanderson-féle elektronegativitás

Dr. Galbács Zoltán docens, SZTE,
Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Irinyi János Országos**Középiskolai Kémiaaverseny**

Dr. Adamkovich István

Magnézium

Marsi Enikő középiskolai tanár

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

Dr. Szalay Tibor

DE, nyugalmazott egyetemi tanár

„Hogyan kísérleteztessük mindennap örömmel tanítványainkat, ha se szaktantermünk, se anyagunk, se időnk..., se se nincsen???”

H. Fodor Erika, vez. tanár

ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium

A Schrödinger-egyenlet előzményei

(hullámmechanika)

Dr. Makleit Sándor professzor emeritus,

DE, Szerveskémiai Tanszék

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS!

Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2004

matematika-, fizika-, kémiatanárok elismerésére

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Galbács Zoltán

A Sanderson-féle elektronegativitás

Az elektronegativitás alapvető, jól használható fogalom a kémiában. Igen sok sajátság értelmezésénél érvelünk azzal, hogy valamely elem nagyobb elektronegativitású. Ennek következtében másokat kizorít vegyületéből, a kovalens kötés létesítésekor jobban maga felé irányítja a kötő elektrópárokat; polárosabb, erősebb kötetést létesít stb. Annyira magától értetődőnek vesszük, hogy már nem is gondolkodunk azon, miként lehet az elem ezen tulajdonságát meghatározni.

Több kísérlet is történt az elektronegativitásnak nevezett sajátság számokkal való kifejezésére. (Mulliken, Pauling, Allred-Rochow, Gordy stb.) Annak ellenére, hogy az elemek más-más jellemzőiből következtettek az elemek ún. elektronegativitására, az így nyert számok nagyságviszonya az elemek tényleges (elektronegativitási) tulajdonságviszonyát fejezik ki. Ha a különbözőképp nyert számadatokat azonos skálára „vetítjük”, egy arányosság tényezővel „nyújtva” vagy „zsugorítva”, meglepően jó egyezéseket kapunk. Ez azt bizonyítja, hogy a módszertől független, objektív sajátság az elektronegativitás.

A többféle elektronegativitási kifejezés között nem csupán egy további a Sanderson-féle. Ez a fajta kifejtés rendkívül egyszerű, és ugyanakkor több haszonnal jár. Ez az elmélet nem csupán az atomok, hanem a molekulák közötti viszony megítéléséhez is segítséget ad, és lehetővé teszi az összetett ionok elektronegativitásának kiszámítását. Sanderson elméletének publikálását [1] követően viszonylag hamar, az 1970-es évektől minden Szegeden, a JATE-n tanuló vegyész és kémia szakos hallgató szervetlen kémia tanulmányai során megismerhette [2,3]. Az eltelt évek alatt szerzett tapasztalatok, a publikációk [4-7] alapján állítható, hogy még

mindig érdemes megismertetni és használni a kifejtést a kémia oktatásában.

Sanderson az elektronegativitási mutatóként az elemek átlagos elektronsűrűségét választotta. Ehhez szükség volt az elemek kovalens sugarának ismeretére. (A vegyületek szerkezetvizsgálataból ezeket jól ismerjük. A kovalens kötésű molekula kötéstávolsága a kapcsolódó elemek gömbsugarainak összege. Pl. a klórmolekula kötéstávolsága a klóratomok gömbsugarainak összege.) Az elemekben található elektronok száma a rendszámmal (az atommagban található protonok számával) egyenlő. Így az atomot gömbszerűnek véve, könnyen megadható az átlagos elektronsűrűség:

$$D = \text{Elektronsűrűség} =$$

$$\text{Rendszám} / (\text{atomtérfogat}) = Z / (4 r^3 \pi / 3),$$

ahol r az atom kovalens sugara. A hányados számértéke természetesen attól is függ, hogy milyen egységben fejezzük ki a térfogatot. Sanderson az angstromöt (Å) választotta hosszúságegységként és így a fenti hányados számértéke a köbangstromönkénti elektronszámmal egyenlő. A kovalens sugár meghatározása olyan elemek esetében, amelyek nem képeznek kovalens vegyületeket, interpolációval lehetséges. Pl. a neonnal azonos számú elektront tartalmaznak a következő ionok: O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} . Mivel az ugyanazon elektront az O^{2-} iontól az Al^{3+} ionig haladva egyre nagyobb pozitív magtöltés vonzza, ezért az ionok mérete csökken. Ha a rendszám függvényeként ábrázoljuk az ionméretet, akkor a felsorolt ionok közrefogják a neon semleges atomjának méretét. Ilyen interpolációval a többi nemesgázra is megállapítható egy „hipotetikus” nemesgáz kovalens sugár.

Sanderson ábrázolta az elektronsűrűségi értékeket a rendszám függvényében. Ekkor egy

periodikus függvényt kapott. Az elektronsűrűség a periódusok mentén jobbra haladva növekedett. A jelleg hasonló volt ahhoz, amilyen rendszám szerinti függést mutatnak a más módszer szerint meghatározott elektronegativitási számértékek. A periodicitás mellett azt is észrevette, hogy a függvény, bár ismétlődést (periodicitást) mutat, azonban van egy növekvő jellege is. Ez ellentmond a valóságnak, hiszen az elektronegativitás a magasabb periódusokban, azaz, ha egy oszlopban lefelé haladunk, csökken.

A „hiba” kiküszöbölése érdekében Sanderson az elektronsűrűség-rendszám függvényen összekötötte a nemesgázokhoz tartozó elektronsűrűség értékeket. Ez a rendszám növekedése irányában egy emelkedő menetet, egyenest mutatott. A függvényen a szomszédos nemesgázokat összekötő egyenest interpolációra használta. Ha bármely nem nemesgáz elemet kiválasztunk, akkor hozzá két elektronsűrűséget lehet rendelni. Egyrészt leolvasható (tudható) a valódi elektronsűrűség, másrészt a nemesgázokat összekötő egyenesről az adott elemhez tartozó, egy ún. hipotetikus nemesgázszerkezet-hez tartozó elektronsűrűségi érték is leolvasható. A két elektronsűrűségi érték hányadosa már nem mutatja a korábbi, „érthetetlen” növekvő jellegét. Ezt a relatív kompaktsági adatot tekintette Sanderson elektronegativitási értéknek:

$$\text{Sanderson-féle elektronegativitás} = S_{\text{elem}} =$$

$$\text{Relatív kompaktsági} = D/D_i,$$

ahol D = az adott elem elektronsűrűsége, D_i = a nemesgázokat összekötő egyenesről az adott elem rendszámánál leolvasható érték.

A molekulákra is megfogalmazható egy átlagos elektronegativitás. Ha az elemekből egy molekula épül össze, akkor kell, hogy a molekulán belül minden elemnek azonos legyen az elektronegativitása, mivel az elektronegativitások a molekulaképződés közben kiegyenlítődnek. Pl. vegyük azt az esetet, amikor egy nagyobb elektronegativitású elem a kötő elektronpárokat jobban maga felé tudja irányítani. Következésképp, mivel részben negatív töltésű lesz, elektronegativitása (elektronvonzó képessége) csökken. Amely atom felől történt az elektronok elirányítása, azon atom körül a po-

tív töltés nő meg, s vele együtt az elektronvonzó képesség is nő. Ez a „huzavona” addig tart, míg minden elem a molekulán belül azonos elektronegativitásra áll be. Ez az átlagos érték Sanderson szerint a kapcsolódó elemek Sanderson-féle elektronegativitási értékeinek mértani középértéke. Példaképp tekintsük a vízmolekula átlagos elektronegativitását. Ez definíció szerint köbgyök alatt (mert a vízmolekula három atomból épül fel) az oxigén elektronegativitásának és a hidrogén elektronegativitás négyzetének szorzata, azaz

$$S(\text{H}_2\text{O}) = (S(\text{O}) \cdot S(\text{H}) \cdot S(\text{H}))^{1/3}.$$

Behelyettesítve az 1. táblázatból vett értékeket:

$$S(\text{H}_2\text{O}) = (5,21 \cdot 3,55 \cdot 3,55)^{1/3} = 4,03 =$$

a molekula átlagos elektronegativitása.

Hasonlóképp a perklórsav-molekula átlagos elektronegativitása:

$$S(\text{HClO}_4) = (S(\text{H}) \cdot S(\text{Cl}) \cdot S(\text{O}) \cdot S(\text{O}) \cdot S(\text{O}) \cdot S(\text{O}))^{1/6}.$$

Behelyettesítve kapjuk:

$$(3,55 \cdot 4,93 \cdot 5,21 \cdot 5,21 \cdot 5,21 \cdot 5,21)^{1/6} = 4,84.$$

Manapság zsebszámológéppel könnyen megy a mértani közép számolása. Sanderson még a logaritmussal való számolást ajánlhatja és ezt segítő az akkori publikációiban az elemeknél a log S értékeket is megadta.

A molekulán belüli elektronegativitás kiegyenlítődés módot ad a molekula atomjain kialakuló parciális töltés számítására. Ha az atom elektronegativitása a molekulaképződés során nő, akkor pozitív parciális töltés alakult ki rajta. (A mértani középérték a tényező(k)nél, valamely atomnál szükségképpen nagyobbak adódik.) Ha valamely atom elektronegativitása csökken, akkor a molekulán belül az adott atomon parciális negatív töltés alakul ki. Egy elektron felvétele vagy leadása során bekövetkező (azaz az egységnyi töltésszeparációhoz tartozó) elektronegativitás megváltozás minden elemnél a semleges atom elektronegativitásával arányos érték. A számítás módja:

$$\Delta S_{\text{elem} \pm 1 \text{ elektron esetén}} = \pm 2,08 \cdot (S_{\text{elem}})^{1/2}.$$

A Sanderson által meghatározott értékeket ugyancsak az 1. táblázatban találjuk. (Maga

a számítás úgy vált lehetségessé, hogy egy 75%-ban ionos kötésű vegyületet (a NaF-ot) viszonyítási alapként választotta.)

Elem	S(elem)*	S _{elem ± 1 elektron} **	Elem	S(elem)*	S _{elem ± 1 elektron} **
H	3,55	3,92	Kr	4,81	4,55
Li	0,74	1,79	Rb	0,33	1,20
Be	2,39	3,22	Sr	1,00	2,16
B	2,84	3,55	Cd	2,59	3,35
C	3,79	4,05	In	2,86	3,52
N	4,49	4,41	Sn	3,10	3,66
O	5,21	4,75	Sb	3,37	3,82
F	5,75	4,99	Te	3,62	3,96
Ne	6,30	5,21	I	3,84	4,08
Na	0,70	1,74	Xe	4,06	4,18
Mg	1,99	2,95	Cs	0,29	1,11
Al	2,25	3,16	Hg	2,93	3,59
Si	2,62	3,42	Tl	3,02	3,65
P	3,34	3,80	Pb	3,08	3,69
S	4,11	4,22	Ti	1,40	2,48
Cl	4,93	4,62	V	1,60	2,63
Ar	5,76	4,99	Cr	1,88	2,85
K	0,41	1,33	Mn	2,07	2,99
Ca	1,22	2,30	Fe	2,10	3,01
Zn	2,84	3,53	Co	2,10	3,01
Ga	3,23	3,77	Ni	2,10	3,01
Ge	3,59	3,94	Cu	2,60	3,36
As	3,91	4,11	Ag	2,57	3,33
Se	4,25	4,29	Au	2,57	3,33
Br	4,53	4,43	Bi	3,16	3,74

1. táblázat

A Sanderson-féle elektronegativitási értékek***

*A relatív kompaktság értékei.

**Az egységnyi töltésszeparációhoz tartozó elektronegativitás megváltozása.

***További adatok a hivatkozott irodalmakban találhatóak.

A vízmolekula esetében, ahol az atomok elektronegativitása

$$S(\text{H}) = 3,55 \quad S(\text{O}) = 5,21,$$

a molekula elektronegativitása, mint előbb is láttuk, $S(\text{H}_2\text{O}) = 4,03$. Így molekulaképződéskor a hidrogén elektronegativitásának változása:

$$\Delta S(\text{H}) = S(\text{H}_2\text{O}) - S(\text{H}) = 4,03 - 3,55 = 0,48.$$

(Ha a megváltozást mindig úgy számoljuk, hogy a molekula elektronegativitásából vonjuk ki az atom elektronegativitását, akkor a különbség előjele a parciális töltés előjelét helyesen adja meg.) A hidrogén egységnyi töltésszeparációjához tartozó elektronegativitás megváltozása, az 1. táblázatból: $\Delta S_{\text{H} \pm 1 \text{ elektron}} = 3,92$. Ha a hidrogén teljesen elvesztené az elektronját a vízmolekula

képzése közben, akkor az 100%-os töltésszeparáció lenne és akkor az elektronegativitása 3,92-dal lenne nagyobb. De, mint láttuk, itt csak 0,48 századdal, azaz csupán 12,2%-os elektronvesztésnek megfelelően nőtt az elektronegativitás.

$$100\% : 3,92 = 12,2\% : 0,48.$$

Másképp ez azt jelenti, hogy a hidrogénen 0,12 (elektronegységnyi) pozitív parciális töltés alakul ki. Hasonlóképp az oxigén tekintetében:

$$\Delta S(\text{O}) = S(\text{H}_2\text{O}) - S(\text{H}) = 4,03 - 5,21 = -1,18.$$

A negatív előjel jelzi, hogy az oxigén negatív töltésűvé vált. Ha teljesen felvett volna egy elektront, akkor molekulaképzés közben $\Delta S_{\text{O} \pm 1 \text{ elektron}} = 4,75$ -tel csökkenne az elektronegativitása. Azaz a 4,75 megváltozás jelentene 100%-os töltésszeparációt, s így a tényleges 1,18-os csökkenés csupán 24,8%-os töltésszeparációval ér fel:

$$100\% : 4,75 = 24,8\% : 1,18.$$

Ez azt jelenti, hogy az oxigénen 0,24 (elektronnyi) negatív parciális töltés alakul ki. (Nem meglepő, hogy a dipólusos vízmolekula oxigénje negatív, a hidrogének pozitív parciális töltésűek.) A számítás szerint nincs különbség a hidrogének között, mindegyik azonos parciális töltésű. A pozitív töltések összege a negatív töltéssel azonos (abszolút értékben és a számítási pontatlanságok hibahatárán belül). Hasonlóképp számítható a következő vegyületek hidrogénjének parciális (pozitív) töltése:

Sav	S_{molekula}	A hidrogén parciális töltése*
HOCl	$(S(\text{H}) - S(\text{Cl}) - S(\text{O}))^{1/3} = 4,50$	0,24
HClO₂	$(S(\text{H}) - S(\text{Cl}) - S(\text{O}) - S(\text{O}))^{1/4} = 4,67$	0,29
HClO₄	$(S(\text{H}) - S(\text{Cl}) - S(\text{O}) - S(\text{O}) - S(\text{O}))^{1/6} = 4,84$	0,33
H₂SO₃	$(S(\text{H}) - S(\text{H}) - S(\text{S}) - S(\text{O}) - S(\text{O}) - S(\text{O}))^{1/6} = 4,407$	0,22
H₂SO₄	$(S(\text{H}) - S(\text{H}) - S(\text{S}) - S(\text{O}) - S(\text{O}) - S(\text{O}) - S(\text{O}))^{1/7} = 4,51$	0,25

2. táblázat

Nébány sav hidrogénjének parciális töltése

$$*: (S_{\text{mol}} - SH) / (2,08 \cdot (S(\text{H}))^{1/2})$$

A 2. táblázatból látható, hogy a klórból és a kénből képezett savak csoportjában a nagyobb pozitív parciális töltésű hidrogénnel rendelkező sav az erősebb sav.

Az elmélet szerint összetett ionok elektronegativitása is számítható. Mikéntjét az ezüst-ace-

tát példáján szemléltetjük. E vegyület két csoportból, az acetátcsoporthoz és az ezüstlemből áll. Figyelembe véve, hogy

$$S(H) = 3,55 ; S(C) = 3,79 ; S(O) = 5,21 ; \\ S(Ag) = 2,57,$$

így az acetátcsoporthoz elektronegativitása az általános szabályok szerint:

$$S(CH_3COO) = \\ = (S(C) \cdot S(C) \cdot S(H) \cdot S(H) \cdot S(H) \cdot S(O) \cdot S(O))^{1/7} = 4,04.$$

Az ezüstacetát-vegyületé, ugyancsak az általános szabály szerint:

$$S(CH_3COOAg) = \\ (S(C) \cdot S(C) \cdot S(H) \cdot S(H) \cdot S(H) \cdot S(O) \cdot S(O) \cdot S(Ag))^{1/8} \\ = 3,81.$$

Azáltal, hogy az ezüst az ezüstacetát alkotója lett, az elem elektronegativitása ($S(Ag) = 1,72$) megnövekedett az ezüstacetát átlagos elektronegativitására ($S(CH_3COOAg) = 3,81$). Az ezüst által „elszenvedett” változás így növekedést mutat: $S(\text{ezüstacetát}) - S(\text{ezüst}) = 3,81 - 2,57 = 1,24$.

Ez a növekmény az ezüst egységnyi töltésszeptarációjához ($\Delta S_{Ag} \pm 1 \text{ elektron} = 3,33$) viszonyítva csupán 37%-os ionos jelleget hordoz:

$$3,33 : 100\% = 1,24 : 37\%.$$

Ugyanakkor az acetát csoport is „elszenved” egy elektronegativitás-csökkenést:

$$S(\text{ezüstacetát}) - S(\text{acetátcsoporthoz}) = \\ 3,81 - 4,04 = -0,23.$$

Ennek a 0,23-nyi megváltozásnak is 37%-os ionosodás áll a háttérben. Ebből következően, ha 0,23 ér 37%-ot, akkor 0,62-nyi változás tartozna a 100%-os ionosodáshoz:

$$0,23 : 37\% = 0,62 : 100\%.$$

Így, ha az acetátcsoporthoz acetátion képződik, akkor az elektronegativitása a 4,04-ről 0,62-dal kisebbre, azaz 3,42-re változik. (Csökken, mert negatív ion lesz!) Ez épp az, amit ki akartunk számolni.

Ahogy eljutottunk az acetátion 3,42-es elektronegativitásához, ugyanúgy számolhatók a más, összetett ionok elektronegativitásai is. A számításnál arra ügyeljünk, hogy olyan partnert válasszunk (és ne alkálifém), hogy a vegyület kötése ne legyen teljesen ionos!

Összetett ion	Sanderson-féle elektronegativitás
SO_3^{2-}	2,622
SO_4^{2-}	3,130
ClO^-	2,745
ClO_2^-	3,978
ClO_3^-	4,224
HCO_3^-	3,653
BH_4^-	2,633
BO_2^-	2,836

3. táblázat

Néhány összetett ion Sanderson szerinti elektronegativitása

Aki már tud biztonságosan számolni, felfedezhet összefüggést az egyéb tulajdonságok és az elektronegativitás (relatív kompaktság) között. A további összefüggésekre [4-7] később még visszatérünk.

Irodalom

- [1] R. T. Sanderson: Inorganic Chemistry. Reinhold Chemistry Textbook Series, New York, 1967.
- [2] Csányi László, Császár József, Görgényi Miklós, Szabó József: A kémia alapjai I., JATE, Szeged, 1977.
- [3] Galbács Zoltán, Dombi András: Környezeti rendszerekben lejátszódó alapvető kémiai folyamatok I., Posztgraduális környezetvédelmi szakosító képzés. KÖTKORC, Szeged, 1993.
- [4] Gutierrez-Oliva Soledad, Jaque Pablo, Toro-Labbe Alejandro: Using Sanderson's principle to estimate global electronic properties and bond energies of hydrogen-bonded complexes. Journal of Physical Chemistry A, 104 (2000), 8955-8964.
- [5] Nalewajski Roman, Sikora Olga: Electron-following mapping transformation from the electronegativity equalization principle. Journal of Physical Chemistry A, 104 (2000), 5638-5646.
- [6] E. M. Zoueva, V. I. Galkin, A. R. Cherkasov, R. A. Cherkasov: Determination of electronic chemical potential within density functional theory. Journal of Molecular Structure: THEOCHEM, 501-502 (2000), 133-145.
- [7] Lalji Dixit, T. S. R. Prasada Rao: Polarizability model of acidity of zeolites. Zeolites, 16 (1996), 287-293.

Dr. Adamkovich István

Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny

Szeged, 2004. május 1.



Néhány lelkes szegedi kémiantanár és a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Főiskolai Kar kémiantanításért aggódó oktatóinak összefogásából – az idei tanévben – az Irinyi verseny döntője a Tisza-parti városban került megrendezésre. Ennek köszönhetően pillanatnyilag bizakodhatunk abban, hogy nem szakad meg az Irinyi versenyek Győrből elinduló 30 éves nemes hagyománya.

A verseny túlmutat a tanulók vetélkedésén, mert óhatatlanul ráirányíthatja figyelmünket az általános- és középiskolai kémiantanítás problémáira is. Lehet, hogy naivitás, de mi mégis hisszük, hogy az elkövetkező évtizedekben a természettudományok tanítása, a természettudományos műveltség végleg nem szűrkül el, a kémiantanárok vezérlései eljutnak az illetékesek fülébe.

Csak a véletlen hozta a szerencsés egybeesést, hogy a döntő az Európai Unióba lépésünk nevezetes napja lett. Reméljük, s talán nem alaptalanul, hogy az Uniónak is szüksége lesz kiemelkedő tehetségű, nagy műveltségű, kreatív magyar emberekre, igazi hungarikumra. Megmagyarázhatatlan okokból a tanárok oktató-nevelő munkájuk minőségéről nagyon kevés visszajelzést, elismerést kapnak, s még a pénzbe sem kerülő dicsérő szót is fukar kezekkel mérik. A tanulmányi versenyekre való felkészítést is még mindig „társadalmi munkában” végzik, szabadidejüket áldozzák fel.

Vezérelheti a versenyszervezőket az elszántság és jó szándék, kísérheti azt a közoktatás irányítóinak bűnös közömbössége – az Irinyi ver-

senyek jelene és jövője mégis az elhivatott kémiantanárok kezében van, és hogy ez a nemes hagyomány nem szakad meg, az csak nekik lesz köszönhető. Ne éljünk vissza emberi és szakmai elhivatottságukkal!

A döntő részletes eredménylistája az interneten olvasható (www.mtesz.mke.hu)

Eredmények

I./A kategória

1. helyezett: Sárkány Lőrinc, 2. helyezett: Antali Máté, 3. helyezett: Klencsár Balázs, 4. helyezett: Kelemen Zsolt

I./B kategória

1. helyezett: Pálffy Gyula, 2. helyezett: Kovács Hajnal, 3. helyezett: Mirzahassein Arash, 4. helyezett: Fundelits István

II./A kategória

1. helyezett: Halász Gábor, 2. helyezett: Váradi Zoltán, 3. helyezett: Király Márton, 4. helyezett: Széchenyi Gábor

II./B kategória

1. helyezett: Szabó Máté Zoltán, 2. helyezett: Galát Márk, 3. helyezett: Fábíán Gábor, 4. helyezett: Pető Nóra

III. kategória

1. helyezett: Szokol Attila, 2. helyezett: Fekete Zoltán, 3. helyezett: Bódi Krisztina, 4. helyezett: Ódor Norbert

Marsi Enikő

Magnézium

1. Bevezetés

A Föld körülbelül 4,6 milliárd évvel ezelőtt keletkezett eddig még nem igazolt körülmények között. Egy milliárd évvel később kialakult az élet élettelen anyagokból; szervezetek fejlődtek ki élő sejtekből a vízben és a szárazföldön egyaránt. Ezek az élőlények képesek voltak a napenergia felfogására, melynek segítségével szerves molekulákat szintetizáltak. A fotoszintézis csodája kialakult, hogy elősegítse a földi élet elterjedését.

Megjelent az oxigén a Föld atmoszférájában, először mint a fotoszintézis mellékterméke. A fotoszintézis folyamata csak magnéziumatom jelenlétében játszódhat le, amely a klorofilban található. A klorofil a megkötött napenergiát kémiai energiává alakítja, melyet ATP formájában raktároz. A biológiai evolúció során, amely kb. 3 milliárd évvel ezelőtt kezdődött, az ATP energiája a szén-dioxid és a víz redukciójára fordítódik; a folyamat végtermékei a szénhidrátok és az oxigén. Minden enzimreakció, amelyet az ATP katalizál, magnéziumvegyületek jelenlétében zajlik. Ebből egyenesen következik, hogy a magnéziumnak jelen kellett lennie a legkorábbi biológiai lépésnél az élet kialakulásakor.

Majdnem 7 évtized telt el azóta, hogy Richard Wilstätter felvázolta a magnézium centrális pozícióját a klorofil-molekulában. Annak ellenére, hogy azóta jóval több információval rendelkezünk a fotoszintézis folyamatáról, a magnéziumatom pontos funkciója még mindig nem tisztázott.

Manapság egyre több tény bizonyítja, hogy a magnézium szerepet játszik az állati sejtek növekedésében és metabolizmusában is.

A magnézium tehát egy nélkülözhetetlen elem. Számos hiánybetegség ismert növények, állatok és az ember esetében is. Másrészt a magnéziumvegyületek gyakorlatilag nem mérgezőek, túladagolásuk sem lehetséges a hányás és/vagy a hasmenés miatt. Kivételes esetekben azonban kialakulhat hipermagnezémia (a folyamatban a kalciumvegyületek antagonistaként szerepelnek). A magnézium tartalmú füst irritáló hatású lehet.

2. Fizikai és kémiai tulajdonságok. Analitikai módszerek

A magnézium a periódusos rendszer II/A főcsoportjának eleme. Sir Humprey Davy fedezte fel 1807-ben. Relatív atomtömege 24,312, rendszáma 12, vegyértéke +2. A természetben előforduló magnézium 3 izotópból áll: ^{24}Mg (79%), ^{25}Mg (10%) és ^{26}Mg (11%), elemi formában azonban nem fordul elő.

Könnyűfém (sűrűsége $1,74 \text{ g/cm}^3$), olvadáspontja 649°C , forráspontja kb. 1100°C . Az ezüstfehér fém felületén védőoxidréteg alakul ki. Szobahőmérsékleten a magnézium-klorid-hexahidrát ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) nagyon stabil (vízoldékonysága kb. 60%), kálium-kloriddal vagy kalcium-kloriddal kettős-só kialakítására képes. Vegyületei bázisos sókká hidrolizálhatnak. A MgCl_2 a tengervíz sótartalmának 17%-át adja.

Az 1960-as évek közepétől a magnéziumtartalom meghatározására az atomabszorpciós spektrofotometriát alkalmazzák, amely fokozatosan fejlődött ki és egyszerűsödött. Az atomemissziós spektrofotometria szintén egy gyors és megbízható módszert jelent. 1987-ben Forteza kifejlesztett egy spektrofotometriás analízist,

amely folyamatos injektáláson alapul – a vivőoldat a szukcinimidedioxim.

A módszer megakadályozza az interferencia kialakulását más elemekkel, kiváltképp a kalciummal Ca(II).

3. Magnéziumforrások, előállítás, fontos vegyületek, hulladékok és újrafeldolgozás

A magnézium a földkéreg mintegy 2%-át alkotja. Vegyületei széles körben elterjedtek, pl. mészkő MgCO_3 , dolomit $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, brucit $\text{Mg}(\text{OH})_2$ és a karnelit $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. A magnézium szilikátásványokban is megtalálható, pl. olivin $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$, szerpentin $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ és az azbeszt $(\text{CaMg})_2\text{SiO}_4$. Ezek a szilikátásványok világszerte fellelhetők.

A magnézium klorid formájában a tengervízben is megtalálható, koncentrációja 1,27 g/kg. Évente 300 000 tonna magnéziumot állítanak elő. Ennek a mennyiségnek több mint a fele a tengervízből származik elektrolízis útján.

Legfontosabb előállítók: USA (44%), a volt Szovjetunió (27%) és Norvégia (14%). A két leggyakrabban használt eljárás az elektrolízis és a termikus redukció. A végső finomítás mindkét esetben szükséges.

A magnéziumigény kb. 20%-át az újrahasznosítás elégíti ki, amely Mg/Al-ötvözetek feldolgozását jelenti. Az USA-ban pl. 8000 tonna magnéziumot állítanak elő az üdítő italok üvegeit lezáró kupakok újrahasznosításával.

Az előállított magnézium kb. 57%-át alumíniumötvözetek gyártására használják (pl. repülőgép-alkatrészek, tartóedények stb.). 18%-ot egyéb ötvözetek előállítására, 8%-ot redukáló szerként, 7%-ot korróziógátlóként és kb. 10%-ot egyéb célokra hasznosítanak.

A tiszta magnéziumpor (melyet atomizálással állítanak elő) igen reaktív. Felhasználási területei: vékony fóliák és vezetékek formájában lámpák alkatrészei. Az értékes szervesetlen vegyületek közül a magnézium-kloridot fém magnézium, valamint Sorel-cement előállítására használják. A magnézium-oxidból tűzálló anyagokat, műtrá-

gyákat és takarmányozó szereket gyártanak. A magnézium-klorid és a magnézium-oxid haszajtó hatása is ismert, ám a magnézium-szulfát ilyen célra csak korlátozottan használható, különösen gyermekek és vesebeteg felnőttek esetében.

A szerves vegyületek (pl. az úgynevezett Grignard-reagens) szerepet játszanak számos szerves vegyület szintézisében, pl. az ólom-tetrametil előállításában és a metil-magnézium-klorid oxidációjában.

4. Eloszlás a környezetben, élelmiszerekben és az élő szervezetekben

A kőzetek és az ásványok nagyobb százalékban tartalmazznak magnéziumot, mint a talaj. Az időjárási viszonyoktól függően a mállás során a magnéziumtartalom kimosódik az ásványokból. A talajba a magnézium döntő többsége ezen az úton jut be. Másodlagosan az alumino-szilikátokból, melyekben a Mg^{2+} -iont az Al^{3+} -ion helyettesíti.

A Mg^{2+} a negatívan töltött szilikátokban lecsereélhetetlen kationként szerepel. A kicserélhető magnézium jelenti a legfontosabb forrást a növények számára. Magnéziumhiány akkor lép fel, ha a felvehető magnézium a teljes kationcsere kapacitás 5%-a alá esik. Ez durva szerkezetű talajok esetén gyakori, ahol a kimosódás mértéke nagy.

A magnézium széles körben elterjedt az élő sejtekben is (a második leggyakoribb sejten belüli ion a kálium után).

A tengeri algák 6-20 g/kg, a növények 1-8 g/kg, a halak és az emlősök kb. 1 g/kg magnéziumot tartalmaznak (szárazanyagra nézve). A szén és az egyéb fosszilis tüzelőanyagok szintén tartalmaznak magnéziumot, hiszen növényi eredetűek.

A korai evolúciós folyamatok legnagyobb győzelme a Nap energiájának megkötése és az energia-igényes folyamatokban való hasznosítása volt. Ez a folyamat a magasabb szerveződési szintű növényekben egy külön sejt-organellumhoz kötött – ez a kloroplasztisz. A kloroplasztisz egy szervezett membránrend-

szer. A benne lévő pigment egy porfirin-magnézium kelátkomplex. A magnéziumatom centrális pozícióban van a klorofilmolekulában, stabilizálja a struktúrát, melynek eredményeként az egy-elektron oxidációs-redukciós rendszer tökéletesen reverzibilis.

A valószínű magyarázat a magnézium szerepére a fotoszintézis folyamatában az lehet, hogy a magnézium egyszerűen rendelkezésre áll a megkívánt mennyiségben, és ideális kémiai szempontból ennek a szerepnek a betöltésére.

Néhány élelmiszert a magnéziumtartalmuk alapján rangsoroltunk (az értékek mg/kg egységben vannak megadva): mogoró – 2000, gabonafélék – 800, tengeri ételek – 350, hús – 270, hüvelyesek – 240, tejtermékek – 180, zöldségfélék – 170, gyümölcsök – 70, finomított cukor – 60 és a zsírok – 7. A sorrend a következőképpen alakul, ha a kalóriaértéket vesszük alapul: zöldségek, hüvelyesek, tengeri ételek, mogoró, gabonafélék, tejtermékek, gyümölcsök, hús, finomított cukor és zsírok. Megjegyzésre méltó, hogy a finomított cukor és a zsírok fogyasztása útján elenyésző mennyiségben jut a szervezetünkbe magnézium.

Az emberi szervezet magnéziumtartalma 272 és 420 mg/kg között változik nedves szövetre nézve. A teljes magnéziummennyiség egy 70 kg-os férfi esetében 24 g, melynek a 89%-a a csontokban és szövetekben található.

A csontok körülbelül az összmennyiség 60%-át tartalmazzák, nedves szövetre nézve a koncentráció körülbelül 1,1 g/kg. A megmaradó magnéziummennyiség egyenletesen oszlik el az izomszövet és a nem-izomszövetek között.

A testben lévő magnézium körülbelül 1%-a sejten kívül található. A vérszérum magnéziumszintje egészséges emberek esetében közel állandó, átlagos értéke 20 mg/l (0,8 mM/l), az ingadozás mértéke nem több mint 15%. A normál érték nők és férfiak esetében egyedi, és az életkor előrehaladtával csökken. A sejten kívüli magnézium mennyiségének körülbelül 1/3-a egy nemspecifikus plazmafehérjéhez kötődik. A megmaradó 65% ionizált forma és biológiai-

lag aktívnak bizonyult. A vér összmagnézium-tartalma 18 és 23 mg/l között változik.

Figyelembe véve a sejten belüli/kívüli tér ionegyensúlyát (arány 10:1) a test lágy szöveteiben, nem teljesen tisztázott, hogy az anyagcse-re energiája szükséges-e ennek a státusznak a fenntartásához, vagy a magyarázat (beleértve a hiánytüneteket is) egyszerűen a magnéziumatom koordináló tulajdonságaiban, illetve elsődlegesen a fizikokémiai adszorpciós folyamatban keresendő.

5. Felvétel, abszorpció, szállítás és eloszlás, metabolizmus és kiválasztás növényekben, állatokban és emberekben

Annak ellenére, hogy a magnéziumot elkönyveljük létfontosságú elemnek, a Mg^{2+} ion felvétele és a klorofil szintézise nem tisztázott a növényekben (kivéve azt a tényt, hogy a vas jelenléte szükséges). Néhány információ biomonиторozásból származik.

A szervezetekben a reakciókat és az egyensúlyt kalcium- és foszfáttal együtt tanulmányozták. Az endokrinológiai háttér (módosítva a hormonháztartás szabályozásával) szintén szerepet játszik. A legtöbb irodalom, ami ebben a témában íródott az emberi szervezetre vonatkozik.

Az emésztőrendszerből felszívódó magnézium körülbelül 12-40%, de a testben lévő mennyiség szabályozása a veséken keresztül történik. Az önszabályozó hányás mechanizmusa az orális túladagolással szemben az állatok esetében nem működik. Továbbá meg kell említeni, hogy az abnormálisan alacsony magnéziumszint a vérben – kevesebb, mint 13 mg/l – a megfigyelések szerint szívelégtelenséghez, vese-elégtelenséghez, májsugorodáshoz és haemodialízishez vezet.

A 24 mg/l-nél magasabb magnéziumszint veseelégtelenség esetében alakul ki.

Egy átlagos amerikai polgár 240-480 mg magnéziumot fogyaszt el naponta. Normál emberi szervezetben a megfelelő magnézium-egyensúly fenntartásához 3,6-4,2 mg/testsúly-kg/nap magnéziumbevitelre van szükség.

6. Növényekre, állatokra és emberre gyakorolt hatás

6.1. Akut és krónikus hatások

Normál körülmények között a magnézium-mérgezés igen valószínűtlen. Kritikus situációban előfordulhat, amikor a kalcium és/vagy kálium és/vagy cink mennyisége nincs egyensúlyban (pl. ion-antagonizmus a szívűtéten át-esett betegek esetében). Veseelégtelenség során lehetséges a vérplazma magnéziumszintjének emelkedése az elfogyasztott magnéziumsók vagy a túladaolt intravénás infúzió következtében. A hipermagnezémia aluszékonysághoz vezethet, gátolva a mozgásfunkciókat a központi idegrendszerre kifejtett hatáson keresztül. Hipotónia és a szív gátolt működése bekövetkezhet, halálhoz vezethet.

Az LD₅₀ értéke magnéziumra kutyák esetében körülbelül 250 mg/kg. A MgO-tartalmú füst beszívása környezetvédelmi probléma. Lázat és felmaródásokat okozhat.

6.2. Elvonási tünetek (hiánybetegségek)

A magnéziumvegyületek esetében a hiány jóval nagyobb kockázatot jelent, mint a túladaolt az élő szervezetre nézve. Jellegzetes tüneteket okoz a növényeken, pl. klorózis (elégtelen klorofiltermelés) és csökkent gyantatermelés egyes fák esetében.

A magnéziumhiány karakteres vonása az erdei talajoknak, ami a hosszú ideig tartó savas behatásnak tulajdonítható. A helyettesíthető Mg²⁺-kationok kimosódnak a talajból a savasodás során.

Ez végérvényesen súlyos magnéziumhiányt eredményez, amely elterjedt jelenség Közép-Európában, ami az erdők pusztulásában mutatkozik meg. Ez a fő oka a savas talajon élő norvég lucfenyő (*Picea abies*) állomány hanyatlásának. Az egészséges lucfenyőtűk 9,8 mg/kg káliumot és 1,7 mg/kg magnéziumot tartalmaznak, míg a sérült növényekben csak 3,7, ill. 1,1 mg/kg ez az érték.

Jelenleg nem tisztázott, hogy a gyökérszövet és/vagy az anyagszállítás sérül-e. Nyilvánvalóan van különbség az egyes genotípusok között.

A korai tavaszi fű magnéziumhiánya okozza a legelő állatoknál fellépő fűtetónia néven ismert hiánybetegséget.

A Mg elengedhetetlen az anyagcserében részt vevő enzimek széles körében. A Mg²⁺-ionoknak szintén szerepe van a peteérésben, a sperma kialakulásában és az inszeminációban is.

Állatokban a magnézium hiányában leukocitózis és/vagy csecsemőmirigy-tumor fejlődhet ki, és a halandóság aránya megemelkedik. Másodlagos hatások szintén ismertek, például fluorózis, amely nemcsak a fluoridion koncentrációjától függ, hanem az ivóvízben jelen levő Mg²⁺-koncentrációtól is.

Az emberi szervezetben a magnéziumhiány tünetei a következők: spazmofília, durva izomremegés, ataxia, görcs, néhány esetben hajlam az epilepsziás összehúzóadásokra, hallucináció, zavartság, delírium, depresszió, szédülés, izomgyengeség.

A görcsös állapot azonnal enyhül, ha a vérérum magnézium-koncentrációja beáll a normál szintre. Egyéb tünetként szerepelhet a vérérum elégtelenség kialakulása.

A klinikai állapot összefüggésben van a magnéziumürítés mértékével, amely a következő tényezőkkel függ össze:

- Kopplás. Az elnyújtott éhezés összefüggésben van a magnéziumkiválasztással. 2 hónap éhezés után a magnéziumvesztés elérheti az összmagnézium-mennyiség 20%-át.
- Fokozott veszteség az emésztőrendszeren keresztül. Tartós hányás vagy elnyújtott adagolása magnéziumot nem tartalmazó infúciónak szintén előidézője a magnéziumhiánynak.
- Műtét, melyet negatív magnéziummérleg követ, bár ennek a mértéke nem okoz a magnéziumhiányra jellemző tüneteket.
- Emésztőrendszeri elégtelenség. A magnézium elégtelen felszívódása következhet be ak-

kor, ha a bélrendszeren történő áthaladás túl gyors vagy a felszívódás nem elég intenzív.

e) Akut alkoholizmus. Hipomagnazémia gyakran bekövetkezik delírium tremensben szenvedő betegnél, vagy akut alkoholistáknál.

f) Májzsugorodás. A májszövet magnéziumtartalma tömegegységre nézve csökken cirózis esetében. A májsugorban szenvedő betegek klinikai tüneteket mutathatnak, ha a vérszérum magnéziumszintje alacsony.

g) Szív és érrendszeri elégtelenségek. A szív glikozidjai magnéziumhiányt indukálhatnak. A magnéziumhiány gyakran együtt jár aritmiával, artéria- és véna-fibrillációval. Geokémiai tanulmányokból arra lehet következtetni, hogy fordított arányosság van az ivóvíz magnéziumtartalma és a szív és érrendszeri megbetegedések gyakorisága között a férfipopulációban.

h) Megfontolandó az a közelmúltban tett felfedezés, miszerint a hipokalémia másodlagosan a magnéziumhiány miatt alakulhat ki. Rezisztencia alakulhat ki a kezelésre mindaddig, amíg a magnéziumhiány korrekciója nem történik meg.

Diagnózis:

Számos betegen a klinikai tünetek és jelek, annak ellenére, hogy nem specifikusak, megerősítik az alacsony magnéziumkoncentráció diagnózisát. Egyébiránt a szérumban a normál magnéziumszint nem zárja ki a magnéziumhiány kialakulását. A vizelettel kiürített mennyiség jelenti a magnéziumhiány indexét. Magnézium terhelési teszt ajánlott gyerekek és változó korú nők esetében. A teszt kivitelezhető orális vagy intravénás adagolás útján.

Terápia:

A betegeken, akik már klinikai tüneteket mutatnak a magnéziumhiány 10-25 mg/kg tartományban mozog. Mivel a bevitt magnéziumnak kevesebb, mint a fele épül be a testbe, a megkívánt terápiás mennyiség 25-50 mg/kg. Ezt a mennyiséget parenterális úton 4 napon át

tartó periódusban kell beadagolni. A biztonságos dózis megállapítása érdekében először a vése teherbíró képességét kell meghatározni, aztán végig a terápia során monitorozni kell a vérplazma magnéziumszintjét.

Flink (1969) kezdő dózisként 600 mg-ot javasolt (6,0 g $MgSO_4$ 1000 ml oldatban, amely 5% glükózt tartalmaz) intravénás lassú adagolással 3 órán keresztül, melyet 600 mg kiegészítő dózisok követnek 12 óránként. Az intravénás gyors adagolás esetén eszméletvesztés, szív-megállás következhet be! Az azonnal kalcium (calcimusc) intravénás adása életmentő!

Egy másik ajánlott módszer alapján, az első napon 1200 mg (195 mg minden 2. órában 3 dózissal, majd minden 4. órában 4 dózissal) ezt követően 400-600 mg/nap (dózisokra osztva) 4 napon keresztül.

7. Kockázat kiküszöbölése és limitált koncentrációk

A hogyan már említettük, a szájon át történő utlagadagolás nagyon ritka, kezelése kalcium adagolással és/vagy haemodialízissel lehetséges.

Németországban a maximális koncentráció 6 mg/m^3 a belélegzett MgO -dal szennyezett levegőre vonatkozóan (8 óránként egyenletesen elosztva). Nagy Britanniában és az USA-ban az általánosan elfogadott határérték 10 mg/m^3 . Ez alatti érték esetén a légzőapparátus még nem szenved maradandó változást.

Irodalom

- [1] Balla Árpád, Kiss A. Sándor: Magnézium a biológiában, magnézium a gyermekgyógyászatban, Pro Print Rt., Csíkszereda, 1996.
- [2] Fazekas Tamás, Selmecei Béla, Stefanovits Pál (Szerk.): A magnézium forrásai és jelentősége az élővilágban, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992.
- [3] Kiss A. Sándor: Magnéziumtrágyázás, magnézium a biológiában, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1983.
- [4] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiaja, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Dr. Szalay Tibor

Az építőipar újjászületése – kémiai segédlettel

III. Vasbetonszerkezetek védelme és felújítása elektrokémiai úton

(OTKA TO 32-055: Betonszerkezeti állapotjellemzők kárhalmazódása okozta változásai, a diagnosztikai vizsgálat eszközei, a megelőzés és felújítás lehetőségei)

Bevezetés

A múlt század ötvenes éveiben, az elektrokémiában a Nernst¹ nevéhez fűződő, de megrekedt, egyensúlyi szemlélet kezdett kiegészülni azáltal, hogy a kinetikai, vagyis az elektródfolyamatok időbeliségének és mechanizmusának a vizsgálata került előtérbe. Az így megújult elektrokémia tárgyköre is kibővült. Most már a homogén elektrokémiai rendszerek is magába foglalja, ezzel az **ionika**, a heterogén rendszerekkel pedig az **elektrodika** fejezete foglalkozik. Jól ismert, hogy az ion és az elektród a klasszikus elektrokémiának is alapvető és kulcsfogalma volt. Korábban az elektrokémikusok döntően csak a szilárd- és folyadék fázishatárokon bekövetkező, elektromos töltésátmenettel járó, – konkrétan pedig – a kémiai és az elektromos energia átalakulásával foglalkoztak.

A tárgykör kiterjed mindazokra az eseményekre és jelenségekre, amelyekben elektromos töltések (elektronok és ionok) elektromos potenciálkülönbség hatására elmozdulhatnak függetlenül attól, hogy ez homogén vagy heterogén elektrokémiai rendszerben, illetve fázishatárokon következik be.

Ebben a pályamunkában is arra törekszünk rámutatni, hogyan lehet a kémiai és az elektromos energia kölcsönös átalakulásával kapcsolatos fogalom- és eszköztárat kiterjeszteni a vasbetonszerkezetekre is, vagyis hasznosítani. Az elektrokémia még további alfejezetekre is bontható:

- a) hasznos elektromos energia előállítása redoxi kémiai reakciók segítségével (**galvánecellák**),
- b) értékesebb anyagok előállítása elektromos áram befektetésével (**elektrolizáló cellák**),
- c) elektromosenergia-vesztéssel járó, káros anyag átalakulás (**korrozíós mikro- és makrocellák**).

A fogalomtárból itt kiemeljük az elektromosság elemi egységét, az **elektront** mint „különleges reagenst”, valamint az **elektródot**, ami napjainkra összetettebb értelmet kapott.

Az **elektromosság** is anyagmennyiség, ezért mértékegysége a **mól** (l. SI mértérendszer), ami $6,02 \cdot 10^{23}$ db elektront jelent. Ez a mennyiség megfelel a korábban bevezetett és még ma is kiterjedten használt, jobban ismert, **Faraday-állandónak** (F), azaz – kerekítve – 96 500 coulombnak (C).² Meglepő eredményhez jutunk, ha az előbbi számot elosztjuk az utóbbival, amikor is azt kapjuk, hogy másodpercenként $6,2 \cdot 10^{18}$ db elektron áramlik át a vezetőben, amikor az áramerősség 1 A! Másrészt, ha pl. cinklemezt használunk mártír anódként (l. később is), akkor a cinkatomok oxidációja követ-

¹ Termokémiai kutatásait 1920-ban Nobel-díjjal ismerték el. (L. termodinamika III. főtétele.)

² Általánosan ismert, hogy az áramerősség mértékegysége az **amper** (= A, amikor a vezető keresztmetszetén, másodpercenként 1 C elektromosság halad át, akkor annak erőssége 1 A.)

keztében, 1 mol azaz **65,38 g cink**ből, – elvileg – 2 F, azaz 2 mol ($= 12,04 \cdot 10^{23}$ db) elektron szabadul fel, és folytatva az előbbi gondolatmenetet, egy megfelelő módon kialakított cellában mint galvánelemben, ennyi cink kb. **54 óra hosszan adna 1 A erősségű egyenáramot**, de mivel a védelemhez hozzátartozóan a védendő fém (acélbetét) felületének m^2 -eire számítva, vagyis áramsűrűségben kifejezve $j = 1 \text{ A/m}^2 = 0,1 \text{ mA/cm}^2$ áram szükséges, ezért ez a viszonylag kis mennyiségű cink is sokáig védheti a korróziótól (miután katódosan polarizálja) az acélbetétet, vagy – betéteket.

Faraday csak magát, az elektrolitba (elektromosan vezető, azaz ionokat tartalmazó oldatba) merülő fémdarabot nevezte **elektrodnak**. Amint már utaltunk rá, most elektrodnak nevezzük azt a teljes elektrokémiai rendszert, amelyben legalább 2 fázis érintkezik, és közülük az egyik, általában elsőrendű vezető (többnyire elektronvezető fém), a másik pedig másodrendű vezető (ionvezető elektrolit). Egyszerű az elektród, ha az *elektrodfolyamatban* egyetlen atom/ion (pl. Ag/Ag^+) vesz részt, ezért potenciál-meghatározója az oldatfázis egyetlen ionja (az ezüstion koncentrációja, egzaktabban pedig aktivitása). A *betonacél korróziójában a vas összetett elektródként viselkedik*, mert elektród-potenciálja nemcsak a vasionok koncentrációjától függ, hanem a jelenlévő más anyagokétól is, pl. a levegő gázaitól és szennyezéseitől (pl. nitrogén- és kén-oxidoktól).

Sajnálatos módon, még szakberkekben is, zavar van a galvánelem és az elektrolizáló cella elektródjainak a megnevezésében. Mindig *anódnak* nevezzük azt az elektródot, amelyen – vagy inkább – amelyben, az oxidáció, az elektron leadása következik be és *katódnak* azt, amelyben az elektronok felvétele történik, és *pedig egy mástól térben elválasztva, önállóan, vagyis elkülönülten*.

A galvánelemekben mindig *negatív előjelű az anód*, mert a fémfázisban elektronok maradnak vissza, és *pozitív előjelű a katód*, mert e má-

sik, sajátossá vált fémrészen elektronhiány lép fel. Az *elektrolizáló cellák* esetében az *előjelek értelemszerűen megfordulnak*. A külső áramforrásnak mint galvánelemnek a negatív pólusát kötik az elektrolizáló cella katódkivezetéséhez, ezért az negatív előjelű lesz, és megfordítva.

1. Katódos védelem (angol betűszóval CP) külső áramforrással

A vasbeton-építőelem külső felületére (peremére) rögzített inert fémre (pl. titánlemezre) kapcsolják az **egyenáramforrás** anódját (+pólusát), a védendő betonacél-vázhoz pedig a katódját („sarkát”). Az előzetesen megtervezett feszültséggel (potenciálkülönbséggel), az egymással fémesen összekapcsolt betonacél-vázat, *katódosan polarizálják* (CP), azaz megfelelő erősségű áramot ($i=A$, illetve áramsűrűséget, $j=A/\text{cm}^2$) hajtanak át az „elektrolizáló cellán” (a mérőszámok egyik egységből a másikba átszámíthatók). Miközben a belső áramkört az elektromosan vezető betonmátrix zárja.

Ez az eljárás nemcsak a károsodott régi, hanem az új vasbeton-szerkezetek *védelmére is használható*, amennyiben az utóbbiak eleve pl. tengeri- vagy más agresszív környezeti hatásnak lennének kitéve.

2. Galvanikus védelem (GP)

A galvanikus, vagy mártíranódos védelmet, legalább 150 éve használják, de csak az utóbbi időben alkalmazzák vasbeton-szerkezetek védelmére. Közel hatvanéves múltra tekint vissza az a próbálkozás, amelyben cinkkel bevont (galvanizált) acélbetéteket használtak tengeri atmoszféra hatásának kitett betontámfalakban. Adott esetben 54 év elteltével ellenőrizték az acélbetétek állapotát, és azt állapították meg, hogy a betétek rozsdásodása csak néhány – elszigetelt – helyen következett be.

Magyarázat: érintettük már, hogy a cink (spontán, önmagától bekövetkező) oxidációja közben elektronok szabadulnak fel, amelyek az acél felületén az elektromos potenciált negatív

irányban (katódosan) polarizálják, és amikor/amíg ez a potenciál negatívabb (ennek elérését kell körültekintően megtervezni), mint aminél (kb. $-0,5$ V) **a vas – a korrózió szempontjából – termodinamikailag immunis**, addig a betétek védelmet „élveznek”.

A korrózió termékének, a cink-oxidnak a mól-térfogata ($V/\text{ZnO} = 15,41 \text{ cm}^3/\text{mol}$) kb. 60 %-kal nagyobb, mint a fémcinkké ($V/\text{Zn} = 9,2$), ezért a betonmátrixban ugyanúgy belső mechanikai feszültséget okoz, mint a vas korróziós termékei, de közel sem akkorát. ($V/\text{Fe} = 7,11$ és $V/\text{Fe}/\text{OH} \cdot 3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 44,8$)

Az előbbinél jobb változat, amikor a mártír cinkanódot **kívülről** helyezik rá a védendő vasbeton-elemre és megfelelő elektrolitba áztatva áramkört létesítenek a védendő acélbetétekkel. Ez az eljárás olcsóbb, mint a vázolt, külső áramforrást használó CP, és ráadásul még önszabályozó is. Természetesen a siker ekkor is a megfelelő tervezésen múlik.

3. A diszkrét galvánanódos védelem (DGA)

A hagyományos és csak részleges felújítás ki egészítésére fejlesztették ki ezt az eljárást. (Ekkor csupán a károsodott helyek közeléből távolítják el a betonrétegeket.) Egyedi (önálló) cinkdarabkákat kevernek a – speciális – javító habarcsmasszába. E cinkdarabkák is mártír anódként védik a betonacélt, az új betonmátrixban. (Bármennyire meglepő, a megmaradó régi betonmátrixban viselkednek katódosan az acélbetétek, a friss részeken pedig anódként, aminek ellensúlyozására szolgálnak e mini mártír-anódok.)

4. Az elektrokémiai kloridion-kivonás (ECE)

Az acélban a vas elektrokémiai korrózióját nagymértékben fokozzák a kloridionok, mert a különböző okokból (pl. savanyodás következtében) legyengült vagy elvékonyodott passzív rétegen áthatolnak, és a frissen keletkező vas(II)-hidroxiddal oxo-hidroxo-kloro-vas(II)-komplexeket képeznek, amelyek nedves-

ség hatására könnyen „kimosódnak”, és átjutva a határfelületi zónába, elbomlanak. A kloridionok felszabadulnak, a vas(II)-ionok pedig feloxidálódnak. (A nagyon rosszul oldódó vas(III)-hidroxiddá, illetve „rozsdává” alakulnak át.)

A kloridionok kivonása céljából a vasbeton-építőelem felületére – átmenetileg – *inert fémlemez* (anódnak) rögzítenek, amit megfelelő elektrolitba (pl. telített kalciumhidroxid-oldatba) ágyaznak, és az egyébként egymással fémesen érintkező acélbetéteket katódosan polarizálják, azaz külső egyenáram-forrásból – tipikusan – $j = 1 \text{ A/m}^2$ áramsűrűségű (vagyis cm^2 -enként kb. 0,1 mA-es áramot) hajtanak át, miáltal **elektrolízis következik be**. Ekkor az acélbetétek felületén a víz hidrogénionjai hidrogénatomokká semlegesülnek, molekulákká egyesülnek, és gázbuborékként távoznak. (Vigyázat! A levegővel keveredve, durranógáz-elegy keletkezhet. L. savas, vagy ólomakkumulátorok elektromos feltöltése.) A negatív töltésű acélbetétek taszítják az oda behatolt kloridionokat. A kivándorlásra készített kloridionok az anódon nem tudnak semlegesülni, ezért annak elektrolitjában összegyűlnek, következképpen ezt időnként fel kell újítani, ki kell cserélni. Tehát az elektrolízist időközönként megszakítják. A víz elektrolitikus bomlása miatt a vasbetétek környezetében a hidrogénionok koncentrációja (a „savanyúság”) fokozatosan csökken, a visszamaradó hidroxidionoké (a lúgosság) pedig növekszik. (Az anódban a hidroxidionokból oxigéngáz keletkezik. L. később is.)

Miután a tervezett mennyiségű elektront (elektromosságot, l. számolási példa) áthajtották, a kloridionok koncentrációját meghatározzák. (L. BS1881: Part 124, illetve AASHTO T260 angol és amerikai szabványokat.)

5. Az elektrokémiai visszalúgosítás (ERA)

A 4. pontban leírtak szerint járnak el, de ekkor az elektrolittartályban (a külső anód/titánfémlemez/ környezetében) káliumkarbonát-oldatot használnak. A betétekhez elsősorban a káliumionok vándorolnak (ellentétes irányú tá-

vozásra kényszerülnek az anionok), miközben a fém felületén a víz hidrogénionjai atomokká alakulnak. (Leválási vagy semlegesülési potenciáljuk kisebb, mint a káliumionoké. Két okból csökken tehát (most is) a savanyúság³, hiszen a hidrogénionok mennyisége fokozatosan fogy, a hátrahagyott hidroxidionoké pedig növekszik.

Az anódon viszont a hidroxidionok vesztek el elektronjaikat (oxidálódnak), és előbb oxigénatomok, -molekulák és -gázbuborékok lesznek. (L. az előbbi figyelmeztetést a durranógáz-elegy képződésének a veszélyéről.)

Tervezetten – pl. 7-10 napig – végzett elektrolízis esetében a pórusfolyadék pH-ja 10,5-ről 11,0-re, kedvezőbb esetekben pedig még jobban növekszik.

A betonkárosodások megelőzése szuperbetonok alkalmazásával

Az előbbieken megkíséreltük bemutatni, hogy a tisztán dolgozó (környezetet nem szennyező módon) elektrokémiai eszközökkel és módszerekkel a már károsodott vasbetonszerkezeteket viszonylagosan olcsón lehet megújítani, élettartamukat pedig megnövelni.

Gazdaságosabb azonban az a megoldás, amikor maga a beton mint a vasbetéteket burkoló mátrix sokkal jobb minőségű, vagyis nagyobb a szilárdsága és nagyobb a teljesítménye. Az ilyen szuperbetonok tömörebbek, következésképpen **lényegesen kisebb az átjárhatóságuk (permeabilitásuk)**. Az alábbi táblázat adatai azt szemléltetik, hogyan változik a *semleges oxigénmolekulák és a betonacél korrózióját nagymértékben fokozó kloridionok relatív diffúziós együtthatója* (D m²/s egységekben kifejezve) a beton minősége függvényében.

Vegyük észre, hogy az oxigénmolekulák mozgékonyasága kb. 1 nagyságrenddel, a kloridio-

Hagyományos		TR 31 *		Mikrobetonban**	
O ₂	Cl ⁻	O ₂	Cl ⁻	O ₂	Cl ⁻
21 · 10 ⁻⁸	5 · 10 ⁻¹²	5 · 10 ⁻⁸	1 · 10 ⁻¹²	2,1 · 10 ⁻⁸	1,2 · 10 ⁻¹⁴

Az oxigénmolekulák és a kloridionok relatív diffúziós együtthatója (D , m²/s) különböző betonokban

* UK Concrete Society Technical Report szerint definiálva.

** Felújításra használt, speciális mikroadalékokot (mikroszilikátot) és (a v/c-tényező alacsony értéken tartását elősegítő) folyósítót is tartalmazó, „lőtt” beton.

noké pedig közel 2 nagyságrenddel változik a beton minőségével. Következésképpen nem mindegy, hogy a betonmátrix 1 vagy 100 évig védi a betonvasakat a korróziótól!

Nem lehet kétséges, hogy a megbízható szuperbetonok előállítása ugyan drága, de a velük elérhető élettartam-növelés, illetve tartósság, valamint a karbantartás és a felújítás költségeinek az elmaradása következtében, mégis – hosszabb távra kivetítve – valójában olcsóbb. (Többek között azt is lehetővé teszi, hogy nem kell használni pl. korrózió-inhibitorokat.)

Összefoglalás

Államunkánkban megkíséreltük bemutatni, hogy az elmúlt évtizedekben felértékelődött elektrokémia milyen elvi alapon, milyen eszközökkel és módszerekkel járulhat hozzá, környezetkímélő módon, nemcsak a régi, már tönkrement beton- és vasbeton épületek felújításához, hanem hogy a kémiai vagy molekuláris szemléletmód hogyan segít hozzá már eleve jobb minőségű, nagyteljesítményű és nagy szilárdságú, ezért tartósabb szuperbetonok előállításához és alkalmazásához.

¹ A sav/bázis határvonalon a hidrogén- és a hidroxidionok koncentrációja (egzaktabban aktivitása) azonos, vagyis $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$ mol/dm³, ezért a *semleges pH*, definíció szerint $pH = -\log [H^+] = 7,0$. E 2 ion koncentrációjának a szorzata pedig állandó ($1 \cdot 10^{-14}$), következésképpen, ha az egyiké csökken, a másikénak növekednie kell. (A kémikusok számára ezért egyértelmű: ha a savanyúság csökken, akkor a lúgosság vagy bázikusság növekszik, és megfordítva.)

H. Fodor Erika

„Hogyan kísérleteztessük mindennap örömmel tanítványainkat, ha se szaktantermünk, se anyagunk, se időnk..., se se nincsen?!?”

Sajnos felmérések igazolják, hogy a fizika, illetve **kémia** tantárgy a diákok népszerűségi listáján évek óta az **utolsó helyen** szerepel. Ennek egyik oka, hogy a kémia-órakról gyakran **hiányzik** a kísérlet, még inkább a **tanulókísérlet!** Az iskola, a tanárok legtöbbször anyagi okokra, szaktanterm és vegyszerhiányra panaszkodnak. De **miért nem kísérleteznek** ott sem rendszeresen, **ahol van kémia előadó?** Az ok egyszerű, a **tanárnak** egyszerűen **nincs ideje előkészíteni**, illetve elrakni a kísérleteket. Ugyanakkor méltán **félti a balesetveszélytől tanítványait**. Az iskolában használt eszközeinket kb. 200 éve fejlesztették ki, és akkor sem arra a célra, hogy az valamikor tanórai körülmények között gyerekek kezébe kerüljön.

A következőkben egy olyan tanulókísérleteztetési módszert szeretnék ajánlani, amelynél **alig kell** a tanárnak **előkészítenie**, mosogatnia! A látványos pukkanós kísérletek minden diáknak **balesetveszély nélkül** sikerülnek, és ezenkívül az **iskola milliókat takarít meg!** A gyerekek nem köhögnek a bűdös gázoktól, és a környezetünk is örülhet, mivel a hagyományos vegyszermennyiségnek, energiának, víznek csak századát, ezredét használjuk!

Létezik-e ilyen módszer, léteznek-e olyan eszközök, melyekkel másodpercek alatt minden diá-

kunkat, akár minden órán, **nemcsak tapasztalathoz, hanem élményhez** is juttathatjuk?

Nemcsak létezik, hanem a tanárok körében egyre kedveltebb. Az **Oktatási Minisztérium is támogatja**, ugyanis rátette minden iskolatípusban a „Tevékenykedtető eszközök” kategória ajánló listájára. Az FPI ajánlására felkerült a Fővárosi Önkormányzat Eszközlistájára is.

A módszer és eszközei a hazai és külföldi sikerek mellett a IV. Nemzetközi Feltalálói Kiállításon **Genius-díjat** kapott. Számos pályázatot nyert és elismerően nyilatkoztak róla a legkülönbözőbb szervezetek, egyetemi tanárok, kollégák. Most mégsem az akadémikus, az utrechti professzor, vagy a kaliforniai tanár véleményét idézem, hanem az ország különböző pontjáról három diákot, és egy óvodást: „Tűzeskedhetünk, durranthatunk tanári bátorításra.” (Bp.) „A acetilénfejlesztés megunthatatlan” (Tardos) „Király volt a klórgáz kísérlet” (Kunszentmiklós) „Mikor jön megint a varázsló néni?” (Ózd)

A bevezető mondatok igazáról, nem a fogalmazási készségemnek, hanem a tényeknek, azaz a tapasztalatoknak kell Titeket meggyőznie.*

Nézzük akkor meg, hogy hogyan „elevenedik” meg az a néhány mákszemnyi, cseppnyi anyag, amit kitettem a tálcaítokra. Hogyan mutatja meg az új szokatlan kísérleti körülmények

* A cikk a több mint 50 helyen megtartott workshopom alapján készült.

között a hagyományos mellett más „arcát” is az anyag, azaz **„Legyünk mi is Felfedezők”!**

Az új módszer kísérleteinek egy kisebb részét el lehet végezni hagyományos, vagy könnyen összegyűjthető eszközökkel, nagyobb részéhez azonban a **már kapható „Legyél Te is Felfedező”** tanuló kísérleti **egységcsomag speciális** szabadalmaztatott **eszközei szükségesek**. A készlet 2003-ban elnyerte a legnagyobb elismerést, amit Magyarországon taneszköz megkaphat, **Hundidac Nagydíjas** lett.

1. Lila gőzzel barnán rajzolunk

(A kísérletek címeit tanítványaim, illetve a Csodák Palotájában a nézők adták.)

A kísérlethez **speciális**, apró, **lyukacsos gömblombikra** van szükség a DOBOZból, azaz a már kereskedelmi forgalomban kapható eszközkészletből. Ebbe a lombikba mákszemnél kisebb jódszemcsét teszünk. Kicsi borszeszégő (dobozból) segítségével néhány másodpercig melegítjük. Amikor a jód lila gőzei fonalszerűen távoznak a lombik lyukacsain keresztül, a melegítést abbahagyjuk. A lombik gömb részét egy fehér laphoz érintjük, és azzal mint egy ceruzával rajzolunk a papírra pl. egy kört. A fehér lapon megjelenő barnás vonalak a papírról másodpercek alatt nyomtalanul eltűnnek! Ugyanakkor a kihűlt lombik száránál jól láthatók a gyönyörűen csillogó szürkés jódkristálykák.

A kötelező tananyagot, a szublimációt, és a visszakristályosodást szemléltettük.

De mit fedezhetünk még fel?

- A **diffúzió** jelenségét, a lila gőz a teremben szétterjed.
- A nagy sebességű jódrészecskék (meleg gőz alkotói) belövdtek a papír részecskéi közé (**adszorbeálódtak**). Ebben az új környezetben „más arcát mutatja a jód” ugyanis a levegőben a lilás szín a papíron barnásra változott. A papír cellulóz molekulái se vonzzák a jódmolekulákat, azok éppen ezért esnek ki a papírrészecskéi közül, azaz deszorpció történik.

- A lombikban visszamaradt jód viszonylag nagy felületen vonja be a lombik belső felületét. **Látszólag anyagszaporítás** történt! Valójában a közel gömb, tehát kis felületű mákszemnyi jód tömegének nagy része elszublimált, a visszamaradt kisebb tömegű jód viszont jóval nagyobb felületen „kenődött” szét.

Pedagógiai haszon. A kísérlet „látásra” nemcsak „nézés”-re nevel, fejleszti a természettudományos szemléletet, a korpuszkuláris szemlélet kialakulását. Előkészíti a molekula polaritás, a **másodlagos kötés** fogalmát. **Érzelmileg vezeti be az Avogadro-szám fogalmát.** Ezt egy óvodás így fogalmazta meg: „Nem gondoltam volna, hogy abban a kis szürke semmiben, ekkora lilaság volt elbújva.”

És végül a lusta ember „mosogatásáról”: A lombikban visszamaradt csekély jódot még egyszer elszublimáltatom a gyerekekkel. Óra után a tíz kicsi lombikot papír zsebkendőbe, és polietilén zacskóba csomagolom. Egy hét múlva az apró edénykék tisztán csillognak. A maradék jód átdiffundált a zsebkendőbe. Semmiféle **rákeltető** drága szerves **oldószert nem** használtam!

2. Gőzölög, mint a mozdony, mozog, mint a hangya

Ehhez a kísérlethez egyszerű fehér csempét használunk. **Erre** és még néhány kísérletre a fürdőszobában **levert csempe is jó, de ezt** a csempét **tilos lánggal melegíteni**, lepattozhat róla a máz, elrepedhet, azaz a **kísérlet nemcsak sikertelen, hanem balesetveszélyes is lesz!**

A csempére két-három szürkés fémesen csillogó Ca darabkát rakunk, és erre kb. két csepp vizet cseppentünk. Szemhunyásnyi idő múlva, buborékokat látunk, a szemcsék „megelevenednek”, azaz rendezetlen mozgásba kezdenek, majd hirtelen erős sístergés közepette fehér gőzcsík lövellődik felfelé, kb. 5 cm magasra. A szürkés Ca eltűnt, helyette fehér laza szerkezetű anyag $[Ca(OH)_2]$ maradt vissza. Ha erre a porózus anyagra fenolftaleint cseppentünk esztéti-

kialag is szép látvány tárul elénk. (Mint a tejszínes málna: fehér a $\text{Ca}(\text{OH})_2$, és málnaszínű ott, ahol a fenolftaleinnel találkozott.)

A kötelező tananyagot, vagyis a kalcium vízzel történő reakcióját láttuk.

De mit fedezhetünk még fel?

- Az **energia** nemcsak hő, hanem **mozgás formájában** is felszabadul.
- A reakció igen **heves**, a körülmények miatt ugyan a kémcső melegét nem érezhetjük, de **láttuk, sőt hallottuk** is, hogy a felesleges víz felforr és elgőzölgött!
- Miután először volt a habzás (H_2 fejlődés) és csak utána a gőz, megállapítható, hogy a Ca és fém reakciója termelte azt a hőt, ami felforralt a vizet.
- **A megfelelő síklapot** (DOBOZ-ból), és 6-8 db Ca darabkát használva a gyerekek a **fejlődő H_2 gázt**, azaz a durranógázt **meg is gyújt-hatják!** (ezt nagy örömmel meg is teszik) A gyújtogatás akkor lesz sikeres, ha a buborékok közelébe akkor helyezzük az égő gyufát, amikor habzás már van, de még gőzfejlődés nincs. Tehát nem a szokásos módon a durranógázzal ijesztgetünk, és a „próbát” tanítjuk! Most mindenki átérzi a gázkeverék veszélyességét a pukkanás miatt!
- Ez a kísérlet kiválóan alkalmas a gyerekek legelső kémiaóráján is, mert érdekes, váratlan, látványos! Fejleszti a megfigyelőképességet, és kiválóan szemléltethetjük a kémiai változás fogalmát is, hiszen egy szürkés szilárd fémből és a jól ismert vízből más minőségű anyag, szintelen gáz, és laza szerkezetű fehér matéria keletkezett.

Összehasonlítás a hagyományos módszerrel: Ezt a kísérletet kémcsőben pont a hevesége miatt nem végeztethetjük el, mert a gőzkilövellés miatt veszélyes! Sokkal több anyag kellene, a mozgást sem látnánk, nem beszélve a látványról, illetve a kémcsövek feltöltéséről és elmosogatásáról. (Röviden: több az élmény, jóval kevesebb az anyag, a tanár időt spórol és nincs balesetveszély.)

3. Egy, kettő, három, kész, réz!

Ismét használhatjuk a fehér levert fali csempét. A **cseppentővel** (speciális, tankos, vékonyszárú cseppentő a DOBOZból) mint egy ceruzával kb. fél centi vastag 2 cm hosszú kék csíkot húzunk telített CuSO_4 -oldatból. A rézszulfát csík merőleges a csempe szélére. Erre a kék oldalra fektetjük a szöget úgy, hogy annak fele lelóg a csempéről. Ugyanakkor mutatóujjunkkal a szöget a felső száraz részénél érintve erősen odanyomjuk a csempéhez, és háromig számolunk. Számolás után megfogjuk a szöget a csempéről lelógó részénél, és felemeljük. Meglepő tapasztalat, hogy nem látunk semmi változást! Persze ha megfordítjuk a szöget, akkor rögtön látjuk a barnás elszíneződést, azaz a réz kiválását.

Összehasonlítás a hagyományos módszerrel: Kicsit eltúlozva, anyag, idő, eszköz, mosogatás nélkül látványosabban szemléltettük a jól ismert jelenséget. Ha a kísérlet után azonnal szárazra töröljük a szöget, az újra felhasználható. Ha az óra végéig visszatesszük a folyadékcseppbe, akkor az oldat színváltozását látjuk, újra szemléltetve a kémiai REakciót, azaz ha a vas felületén változás történt, akkor a rézszulfátoldatnak is változnia kellett.

4. $\text{NH}_3 + \text{HCl} - \text{NH}_4\text{Cl}$

- a) A kísérlethez csoportonként szükség van a kék csempére a DOBOZból, vagy egy kék kartonlapra, illetve két cseppentőre; egyikben tömény ammónia- a másikban HCl-oldat van.

Add ki tálcán a fent felsoroltakat és igyekezz huzatmentes környezetet teremteni. Ezután a diák a csempére cseppent 1 csepp sósavat, majd 4-5 cm távolságra 1 csepp ammóniaoldatot.

Megjegyzés: Természetesen a fehér füst (NH_4Cl) inkább a sósavas csepp közelében gomolyog. Általában szebb a kísérlet, ha csepp helyett a cseppentővel, mint egy ceruzával két vékony függőleges „vonalat” húznak a diákok a két oldalból.

Fontos a sorrend, a sósavval kell kezdeni a cseppentést!

b) Ha nem idegenkedsz attól, hogy egyszer kivételesen a „tudomány érdekében” a diák „megfogja” a vegyszert, akkor lehetőség van arra, hogy az előbbi reakciót mélyebben megismerjük!

Eszközként a gyerek mutató és hüvelykujját használja. Az előbbi két cseppentőből az önként jelentkező diákok először a sósavból cseppentenek a vízszintesen tartott hüvelykujjuk „begyére”, majd gyorsan az ammóniaoldatból mutatóujjuk belső felületére cseppentenek. (Gyorsabb és sikerebb, ha Te magad cseppentesz a jelentkezők kezére.)

Ezután a két vegyszeres felületet (ujjaikat) közelítik ~ 3 mm-re, majd távolítják kb. 2 cm-re. Néhányszor ismétlik ezt a mozdulatot.

LÁTVÁNYOS, „JÓPOFA”, NEM CSÍP! (Vékonyabb és vastagabb gomolygó fehér füst a két uj köz.)

Utána ellenőrizzük az „ujjmosást”. Azért több ez a kísérlet, mint az előző, mert itt **érezni** lehet a MELEGET az ujjak közelítésekor, tehát, hogy **ez a folyamat exoterm!**

Azonnal adódik, hogy az **ellentétes irányú folyamat endoterm!** Azaz **melegítéssel** juthatunk vissza ($\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$).

5. Lángfestés „égő” nélkül?!

Ehhez a látványos, gyors kísérletsorozathoz feltétlenül szükség van a **speciális átlátszó hőálló gyűszűnyi edénykére** a DOBOZból. A kis edényt félig töltjük denaturált szesszel. Egy üvegbot mindkét végét két-három cm darabon vízbe mártjuk, ezután az üvegbot nedves végeit a megfelelő sókba (K, Cu, Sr, Ba stb.) mártjuk. A botra „ráragad” néhány sószemcse. Ezután meggyújtjuk az alkoholt az edénykében. Meglepő a tapasztalatunk, a lángot NEM lehet látni, az égést csak úgy észlelhetjük, hogy kezünket az edény fölé tartjuk. Majd az üvegbotot közepén megfogva, annak végeit egymás után a lángba tartjuk. Kb. 3 cm magas színes lángban gyönyörködhetünk.

Összehasonlítás a hagyományos módszerrel: Ismét a századánál is kevesebb anyagot használtunk, mint egy demonstrációs kísérletnél, nem kell gázvezeték, és a Bunsen égőt SEM kell tisztogatnunk! Ugyanakkor minden tanítványunk közvetlen élményhez jutott. Megjegyzés: Ez a kísérlet olyan szép, és látványos, hogy vállalkozásom, névjegyem, szórólapom logója is lett.

Az **iskolák részére** összeállított **DOBOZ**-hoz tartozó **jegyzet** több mint **100** látványos, a **teljes tananyagot** lefedő (demonstrációs kísérletek is) **tanulókísérletet** tartalmaz. A kísérletek egy része felhasználható a biológia-, fizika- és környezetismeret-órák megfelelő anyagrészeinél is. Már létezik az „Apró Csodák” óvodai foglalkoztató doboz is.

A kísérleteket nagy sikerrel állítottam ki az Educatio Kiállításokon (2002-2003).

MikroMÁGIA? KÉMIA? Igen kémia is, tőlünk és a gyerekektől függ, hogy csak gyönyörködünk ámulunk (ez sem kevés), vagy **napról-napra újabb felfedezéseket teszünk, és tanítványainkkal együtt lépésről lépésre próbáljuk magyarázni a tapasztalatokat.**

Köszönöm a számos szervezetnek és alapítványnak a támogatást, de legfőképpen köszönöm a köztanároknak és a tanítványaimnak a biztató szavait, az ő lelkesedésük nélkül a „**Legyél Te is Felfedező**” tanulókísérleti eszközkészlet, illetve az „**Apró Csodák**” óvodai foglalkoztató doboz soha nem jelenhetett volna meg a kereskedelmi forgalomban.

Ma már **referenciaiskolák** vannak **országsszerte** egyetemtől kis iskoláig, ahol mindennap vizsgálják az új, egyszerű, gyors, balesetveszély-mentes módszer, és annak eszközei.

Célom, hogy a Világ és Európai Kémiatanári Ankéton is sikerrel szerepelt kísérletek, a hozzá szükséges **eszközkészlet,** valamint a módszertani megjegyzéseket is tartalmazó receptkönyv, esetleges **alapítványi támogatással,** eljusson a **határon túli területekre** is.

Dr. Makleit Sándor

A Schrödinger-egyenlet előzményei (hullámmechanika)

Mottó: P. W. Atkins, a neves fizikokémikus a Teremtés című kozmológiai könyvében írja (Gondolat Kiadó, Budapest, 1987): „Ha kissé gyengébben vagy kissé erősebben kötődnének az atommagok, nem lenne a világegyetemnek kémiaja, s hiányozna a látszólag biológia, valójában kémiai külsőben jelentkező fizika: az élet.” Erre példa lehet a híres Schrödinger-egyenlet, amelynek létrejöttéről és jelentőségéről szólnék nem matematikai módon.

A fény hullámtermészetét Th. Young ismerte fel és bizonyította az interferencia jelenségének felfedezése révén (1801) [1].

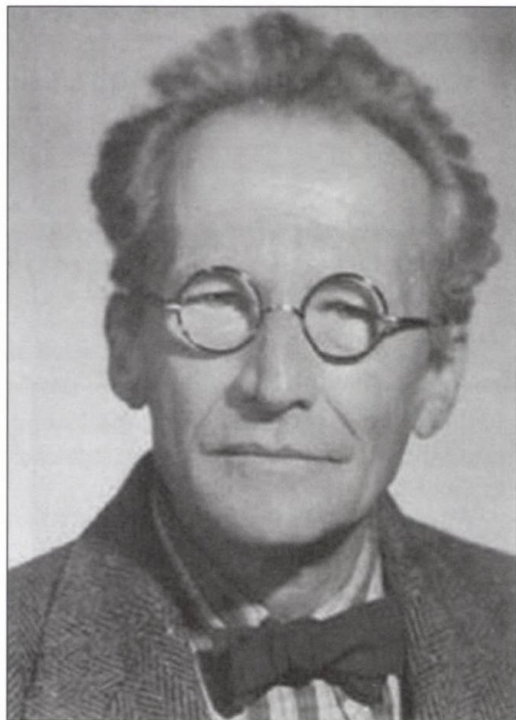
1833-ban egy matematikus génius, W. Hamilton írta le a háromdimenziós állóhullámok egyenletét, egy elképzelt, vízzel borított bolygón létrejövő állóhullámokkal foglalkozva [2]. Az elektront, amely az anyag fundamentális alkotó eleme, 1897-ben (Nobel-díj, 1906) J. J. Thomson fedezte fel [3].

M. Planck, hogy matematikailag indokolhassa a magas hőmérsékletű szilárd test, az ún. fekete test sugárzásának spektrumát, feltételezte (1900), hogy a fény az energiát meghatározott adagokban, kvantumokban szállítja. Planck azt posztulálta tehát, hogy az anyag energiát kibocsátani és elnyelni is csak kvantumokban képes, nem pedig folyamatos, végtelenül osztható adagokban (Nobel-díj, 1918).

Híres egyenlete:

$$E = h\nu$$

E = energia, h = a Planck féle batáskvantum: $6,625 \times 10^{-20}$ J. sec., ν = frekvencia. A h az uni-



Erwin Schrödinger

*verzum egyik legalapvetőbb konstansa minde-
niütt alkalmazásra kerül, ahol az anyag és
energia kvantált természete jut kifejezésre [4].*

A. Einstein egy új jelenség, a fényelektromos hatás magyarázatát 1905-ben oldotta meg azáltal, hogy a fény kettős (hullám és részecske) természetét és Planck-féle kvantáltságát tételezte fel. A részecskéket fotonoknak nevezte (Nobel-díj, 1921) [5].

A ν frekvenciájú fényrészecske, a foton, egyszerre hordozza az $E = h\nu$ energiaadagot és a

$$p = \frac{h\nu}{c} \text{ (A) impulzust (lendületet)}$$

$h = a$ Planck-féle batáskvantum, $\nu = a$ frekvencia, $c = a$ fény sebessége: $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

L.V. de Broglie egy fiatal francia hallgató 1923-ban a következő kérdést intézhette magához: ha a fényről 1905-ig úgy gondolták, hogy csak hullámtermészetű, s 1905-től hozzárendelhető a részecsketermészet is, úgy a részecsketermészetű elektronhoz hozzárendelhető-e a hullámtermészet is?

Válasza igen volt, s ezt a következő módon fogalmazta meg:

$$p (= mv_e) = \frac{h\nu}{v_e} \text{ (B)}$$

$m =$ az elektron tömege, $v_e =$ az elektron sebessége, $h = a$ Planck-féle batáskvantum, $\nu =$ az elektronhullám frekvenciája.

Az A és B egyenletek összehasonlításából az analógia egyértelmű. Abban az időben de Broglie elmélete olyan szokatlannak és merésznek tűnt, hogy csaknem doktori fokozatába került (Nobel-díj, 1929) [6].

1927-ben C. J. Davisson (Nobel-díj, 1937) és L. H. Germer kísérletileg is igazolták de Broglie elméletét az elektroelhajlás (diffrakció) megfigyelésével [7].

Ezek után lehetővé vált az atomok és molekulák modern hullámmechanikai értelmezése és leírása, amelyet három tudós csaknem egy időben oldott meg: E. Schrödinger, W. Heisenberg és P. Dirac. A Schrödinger-féle megoldás a legszemléletesebb s így ez a legismertebb a szerves kémikusok között is.

Schrödinger zsenijét bizonyítja, hogy „csak” annyit tett, hogy a Hamilton-egyenletekbe a de Broglie-féle elektronhullámhosszat,

$$\left(\lambda = \frac{h}{mv}\right), \lambda = \text{hullámhossz}$$

helyettesítette be – 1926. (Nobel-díj, 1933) [8].

A híres Schrödinger-egyenlet tömör formában a következő:

$$H\Psi = E\Psi$$

$H =$ Hamilton operátor, $\Psi(\text{pszi}) =$ az elektronhullám amplitudójának függvénye, vagyis a hullámfüggvények az elektron különböző energianívóit jelentik. A H bizonyos matematikai műveleteket jelent Ψ -re nézve. Az egyenlet megoldásait E -vel és Ψ -vel kifejezett formában kapjuk egész számok sorozatára, az ún. főkvantumszámokra.

A kvantummechanika a modern kémia meghatározó alkotóelemévé vált: az atomok és molekulák szerkezete, a kémiai kötés, a vegyületek reakcióinak, a reakciók sztereokémiai lefutásának értelmezésére.

Irodalom

- [1] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 300. oldal (1978)
- [2] ibid. 375. oldal
- [3] ibid. 325. oldal
- [4] ibid. 363-365
- [5] ibid. 344. oldal
- [6] ibid. 371. oldal
- [7] ibid. 375. oldal
- [8] T. W. Graham Solomons: Organic Chemistry, 2. kiadás. John Wiley and Sons, 42-47 (1980)
- [9] R. B. Woodward (Nobel-díj, 1965), R. Hoffmann (Nobel-díj, 1981): Die Erhaltung der Orbitalsymmetrie. Angew. Chem. 81, 797-870 (1969); E. A. Halevi: Orbitalkorrespondenz-Analyse mit Maximaler Symmetrie. Angew. Chem. 88, 664-679 (1976); K. Fukui (Nobel-díj, 1981): Recognition of stereochemical path by orbital interaction. Accounts Chem. Res. 4, 57-64 (1971)
- [10] lásd még: Jay Orear: Modern Fizika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 254-264 (1966)

Köszönöm Dr. Sailer Kornél professzor úrnak, a DE TTK Elméleti Fizikai Tanszék vezetőjének ezen összeállítás átnézését és jobbító megjegyzéseit.

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS!

Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2004

matematika-, fizika-, kémiatanárok elismerésére

Az Ericsson Magyarország Kft., a Graphisoft Rt. és a Richter Gedeon Rt. közös díjat alapított tanároknak, melyet a Fasori Gimnázium legendás hírnő matematikatanáráról „RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJ”-nak nevezett el. E díj gondozására létrejött Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért a jelötenként 1 000 000 forinttal járó elismerést minden évben két-két matematika-, fizika- és kémiatanárnak ítéli oda.

A díjra a közoktatás 5-12. évfolyamain matematikát és/vagy fizikát és/vagy kémiát tanító (vagy egykor tanító) aktív tanárok tejeszthetők fel írásban szakmai és társadalmi szervezetek, az ajánlott tanár tevékenységét jól ismerő kollektívák által.

A felterjesztés feltétele, hogy a jelölt a közoktatás területén – nem szervezői munkakörben – dolgozó, az 5-12. évfolyamokon több éven át kimagasló oktató-nevelő tevékenységet végző/végzett olyan tanár legyen,

- aki a fenti tantárgyak közül legalább az egyiket több éven át eredményesen tanította, tanítványai a középiskolában és/vagy a felsőfokú intézményekben sikerrel állják/állták meg a helyüket,
- akinek tanítványai az országos hazai és/vagy nemzetközi versenyeken a fenti tantárgyak valamelyikében az elsők között szerepeltek vagy többször a döntőbe jutottak,
- aki tevékenységében gondot fordít a hátrányos helyzetű, tehetséges diákok felfedezésére, tudásuk gyarapítására,
- aki jelentős szerepet vállal a fenti három tantárgy valamelyikéhez kapcsolódó országos, regionális vagy iskolai szakmai programok (pl. versenyek, továbbképzések, tanácskozások) megszervezésében, a program tartalmának felépítésében és kivitelezésében (pl. előadások tartása, szakanyagok készítése, friss információ továbbítása),
- aki rendszeresen továbbképzzi magát, tájékozott az adott tudomány területén elért eredmények-

ről, a tantárgy tanításával kapcsolatos aktualitásokról, tapasztalatait megosztja kollégáival, – szakmai lapokban publikál, könyveket, tanulmányokat, tanítási segédleteket írt vagy ír, – aki a szaktárgyi felkészítés mellett hivatásának tekinteti tanítványai nevelését, személyiségük fejlesztését, problémáik megoldásához segítséget nyújt, – akinek személyisége, szakértelme, egész életvitele példamutató.

A díjakat a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat díjbizottságai, valamint a Magyar Kémikusok Egyesülete ajánlásai alapján a három cég által felkért Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma – melynek elnöke Dr. Kroó Norbert, a Magyar Tudományos Akadémia főtítokára – ítéli oda az adott év kitüntetettjeinek.

A három tudományos társaság a beérkezett ajánlásokat a fenti feltételek szellemében értékeli, s ennek alapján teszi meg javaslatait a díjazottakra 2004. október 8-ig. Ezen javaslatok alapján hozza meg döntését az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma 2004. október 25-ig. A díj átadására 2004 novemberében kerül sor.

Az írásos felterjesztéseket legkésőbb 2004. szeptember 13-ig kérjük eljuttatni – illetékesség szerint – a Bolyai János Matematikai Társulathoz vagy az Eötvös Loránd Fizikai Társulathoz (mindkettő címe 1027 Budapest, Fő utca 68.), illetve a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásáért (1475 Budapest 10, Pf. 27.) címére. A borítékra jól láthatóan írják rá, hogy „Rátz Tanár Úr Életműdíj”. Az elmúlt év felterjesztéseit – ha azt továbbra is fenntartják a javaslattevők – ismételt írásban kell megerősíteni!

Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma

AJÁNLOTT TANTERV

A közoktatásról szóló törvény szerint 2004-ben az iskolák új pedagógiai programot, illetve a NAT 2003 alapján helyi tantervet készítenek. Az iskola az oktatási miniszter által kihirdetett kerettantervek alapján is elkészítheti helyi tantervét.

A Mozaik Kiadónak az OM által kiírt pályázatra benyújtott kerettanterv-rendszerét az Országos Köznevelési Tanács ajánlott tantervként kihirdetésre javasolta.

A tanterv letölthető a kiadó honlapjáról a www.mozaik.info.hu címről, CD-n megrendelhető (6701 Szeged, Pf. 301. vagy rendeles@mozaik.info.hu), illetve megjelenik a kerettantervek kiadásáról szóló miniszteri rendelet mellékleteként, s hozzáférhető az OM honlapján is.

MOZAIK KERETTANTERVRENDSZER NAT 2003

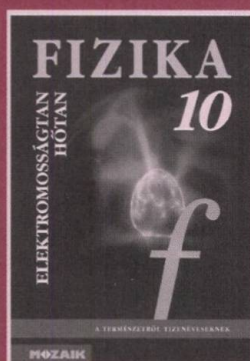
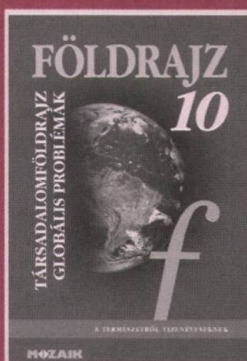
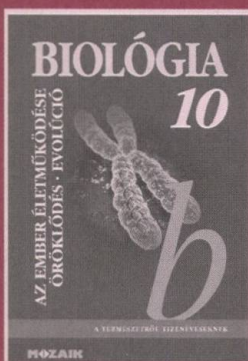
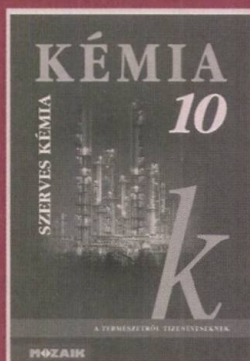
Az általános iskolák
és a gimnáziumok számára

ALSÓ TAGOZAT
FELSŐ TAGOZAT
GIMNÁZIUM

MOZAIK

MOZAIK – NAT 2003
Kerettantervrendszer
www.mozaik.info.hu

A HUNDIDAC 2003. VERSENY ARANY-DÍJAS KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu

Nagy magyar kémikusok
Bodnár János (1889-1953)

(Dr. Szalay Tibor)

Biodízel és biogáz

(Dr. Galbács Zoltán)

Kellenek-e
nekünk definíciók?

(Kószó Katalin)

Arzén eltávolítása
egyszerűen

(Dr. Galbács Zoltán – dr. Galbács Gábor)

XII. ÉVFOLYAM 2004

4

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1350 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

NAGY MAGYAR KÉMIKUSOK

Bodnár János (1889-1953)

Dr. Szalay Tibor

DE, nyugalmazott egyetemi tanár

Biodízel és biogáz

Dr. Galbács Zoltán docens, SZTE,

Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Dr. Balázs Lóránt az idén lenne 70 éves

Dr. Rózsahegyi Márta docens, ELTE,

Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

In memoriam Pálvölgyi Imre**Kellenek-e nekünk definíciók?**

Kószó Katalin egyetemi tanársegéd,

SZTE TTK Fizikai Kémiai Tanszék,

Kémia és Környezettan Szakmódszertani Csoport

Nahalka István: Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia
Dr. Radnóti Katalin tanszékvezető, főiskolai tanár, ELTE

Arzén eltávolítása egyszerűen

Dr. Galbács Zoltán docens – dr. Galbács Csábor docens,
SZTE, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Természetes indikátorok

Cyőrei Eszter – Rohn Emese

a pécsi Leőwey Klára gimnázium volt növendékei

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

NAGY MAGYAR KÉMIKUSOK

A jelen csak múló pillanat, múlt nélkül nincs jövő. Mindannyian tudósok és hétköznapi emberek a múlt cserepein, tudáshalmazán taposunk. Minél magasabb ez a domb annál messzebbre látunk.

Dr. Szalay Tibor professzor soron következő írásaival arra vállalkozott, hogy a magyar ve-

gyészet háromszáz évét lefedő boltívén néhány fényes csillagot megmutasson nekünk.

Írásai alátámasztják, hogy a tudomány nem arctalan, élettelen adathalmaz, s hogy csak a féltékeny gyáva tudósok nem akarnak másokra hivatkozni, pedig valójában egymás hátán jutnak magasabbra.

Dr. Szalay Tibor

Bodnár János (1889-1953)

Nagyváradon született 1889-ben. Szülőhelyén maturált (érettségizett). Kolozsvárott végezte az egyetemet. A matematika-természettudományi és orvosi karon szerezte, 1911-ben vegytan főtárgyból, doktori oklevelét. Abszolválása után Bécs, Prága, Berlin és Svájc egyetemein szélesítette, illetve gazdagította tudását. 1916-ban a „Biochemia” c. tárgykör magántanárává habilitálták a kolozsvári egyetemen, ahol kezdetben gyakornok, később mint tanársegéd működött. 1921-ben létesítette a budapesti m. kir.¹ Növénybiochemiai Intézetet, amelynek egészen 1931-ben történt megszüntetéséig igazgatója volt. Az intézetben a növények növényi és állati kártevőiről kb. 200 dolgozatot állítottak össze, miközben azok ellen új módsze-

reket és megoldásokat fejlesztettek ki. 1920 és 1923 között, a Kolozsvárról Szegedre költözött Ferenc József Tudományegyetem „chemia” tanszéke vezetését látta el mint helyettes.²

1923. július 18-án nevezték ki a debreceni Tisza István Tudományegyetem orvosi-kémiai tanszékére egyetemi nyilvános rendes tanárnak. Tudományos munkássága főleg az analitikai és a „biochemiai” bűvárkodásban merül ki. Analitikai kémiai kutatásának főbb irányai: Az általános kvalitatív és kvantitatív kémiai tárgykörökben bűvárkodik, főleg az intézetet látogató bölcsészettan-hallgatók kedvéért: általános makro-analitikai kémia; alkalmazott makro- és mikroanalitikai kémia: a) biokémiai; b) orvosi; c) törvényszéki; d) víz- és ásványvizsgálati;

¹ Sokkal korábbi (Osztrák-Magyar Monarchia-kori) előírás értelmében, ahhoz hogy egy intézmény működését megkezdhesse – a királyi házból – pártfogót kellett keresnie, és nevében a Királyi jelzőt felvennie. (L. Beck M. : Kossuth Lajos és a Magyar Természettudományi Társulat. Természet Világa 2002/12. 559. oldal.)

² A forrásmunka eredeti szóhasználatát helyenként a korabeli viszonyok tükrözése céljából megtartottuk. (L. : Debrecen Sz. Kir. Város és Hajdú Vármegye. Szerkesztette Csobán Endre, Vármegyei Szociográfiai Kiadóhivatala, Bp. 1940, 12. kötetben a 27-29. hasáb.)

e) dohányvizsgálati; f) gyógyszerészeti; g) növényvédelmi vonatkozásokban. Ezzel kapcsolatban meg kell említeni, hogy ez az első egyetemi intézet Magyarországon, amelynek vezetőjeként törvényszéki kémiai laboratóriumot alakított ki és rendezett be, illetve tartott fenn.

Egyedülálló, új módszert dolgozott ki az arzén és a higany meghatározására az emberi szervezetben. E vizsgálatot 3-4 óra alatt el lehetett végezni, és az anyagok egészen gamma ($\gamma = 10^{-6}$ g, azaz 0,001 mg!) értékig történő kimutatására alkalmas volt. Dohánykémiai laboratóriumot is kialakított. Az itt folyó munka nyomán számos értekezés készült, amelyek a dohányfajták minőségének meghatározásától kezdve a dohányfüstnek az emberi szervezetre kifejtett hatásáig terjedtek, vagyis számtalan problémára adtak – akkori szinten és már – közhasznú megoldásokat. Ugyancsak az intézet keretében létrehozott növényvédelmi kémiai osztályon, számos növényvédelmi szert vizsgálták meg, és adtak ki szakvéleményt még külföldre is.

Biokémiai kutatásainak főbb irányai:

- a szénhidrát- és anyagcsere enzimológiai vizsgálata normális és kóros (rák, cukorbetegség) stb. esetekben;
- az endémiás golyva vizsgálata a jódhiányelmélet és ionhatások alapján;
- a vegetárius táplálkozás hatása a szervezet kemizmusára;
- a dohányfüst biokémiai hatása az emberi szervezetre;
- állati és növényi szervezetben emissziós spektrálanalitikai úton kimutatható nehézfém-nyomok biokémiai szerepének tanulmányozása;
- a higany és az arzén eloszlásának és kiválasztásának vizsgálata az emberi és állati szervezetben, különös tekintettel a törvényszéki kémiai vonatkozásokra;

- a dohánykezelési folyamatok (szárítás, fermentálás) vizsgálata, különös tekintettel a dohány minőségére;
- a növényi lélegzés (disszimiláció) és az asszimiláció enzimológiai vizsgálata;
- az anorganikus és organikus mérgező anyagok hatásmechanizmusa a kultúrnövényekre (pl. gabonafélékre);
- növényvédelmi szerek biokémiai vizsgálata, gyümölcsök aromaanyag-tartalmának összehasonlító vizsgálata;
- ásványvizek katalitikus hatásának vizsgálata.

Ezen kívül még pedagógiai kérdésekkel is foglalkozott.

1937-ben választották a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) levelező tagjává. Munkássága során 85 önálló és 72 gyakorlati irányú közleménye jelent meg, tanítványai pedig (csupán a vezetése és irányítása mellett készültek véve számításba) 85 tudományos és 38 gyakorlati irányú közleményt, 39 bölcsészdoktori értekezést is készítettek.

Tagja a Deutsche Chemische Gesellschaftnak, az Országos Tanulmányi és Ösztöndíjtanácsnak, a Tisza István Tudományos társaság r. tagja, illetve főtítkára, valamint a II. osztály titkára, továbbá a debreceni orvostudományi kar 1930/31, 1931/32 és 1932/33 tanévekben dékánja, az 1933/34, 1934/35, 1935/36, 1936/37 és 1937/38 tanévekben pedig prodekanja volt.

Az életrajz összeállítója (Sz. T.) úgy véli, hogy az előző, igen gazdag munkásságot ismertető, szakmai életrajzot méltó módon lehet kiegészíteni, netán pontosítani a tanítvány, majd munkatárs (dr. Szabó Sándor a KLTE Szerves Kémiai Tanszéke egyetemi docense) által írt, és 1984-ben megjelent összeállítás nyomán.³

Bár a debreceni egyetemen előbb dr. Hatos Géza, majd dr. Doby Géza indította el a vegytan oktatását, az első egyetemi kémiai intézet és kémiai iskola megalapítása mégis dr. Bodnár

³ Szabó Sándor: dr. Bodnár János (in: *Debreceni Kémikusok, szerkesztette Patonay Tamás, KLTE Kémiai Intézete, Debrecen, 1984. 16-20. oldal.*)

János nevéhez fűződik, aki a kolozsvári Ferenc József Tudományegyetemen szerezte meg 1911-ben a bölcsészdoktori diplomát *summa cum laude* minősítéssel. Ugyanitt, az orvosi vegytani intézetben lett tanársegéd.

A földművelődésügyi miniszter 1913-ban megbízta a magyaróvári m. kir. Növényélet- és Kórtani Állomás biokémiai laboratóriumának vezetésével, segédvegyésszé minőséggel, de már a következő évben, az intézmény budapesti részlegébe, áthelyezték. Időközben azonban – ösztöndíjasként – lehetőséget kapott szakmai tudásának és látókörének kiszélesítésére és bővítésére dán, holland és svájci egyetemeken. *A kolozsvári egyetemen 1916-ban nyert magántanári képesítést – mint láttuk – biokémia tárgykörből.*

1918-ban soron kívül lépett elő királyi fővegyésszé, ezt követően pedig, 1920-ban felkérték (a Kolozsvárról előbb Budapestre, majd Szegedre helyezett) tudományegyetem vegytani tanszéke vezetésére mint vezető-helyettest. A következő évben, ahogyan már korábban is, a földművelésügyi miniszter bízta meg a bp.-i m. kir. Növénybiokémiai Intézet megszervezésével.

1923-ban a szegedi tudományegyetem matematikai és természettudományi kara, majd – röviddel ezt követően – a debreceni tudományegyetem orvostudományi kara is, nyilvános rendes tanárnak hívja meg az orvosi vegytani tanszékre, ahová a kinevezést 1923. augusztus 13-án kapta meg. (Ez lehet a valószínűbb, és nem az előzőekben már közölt július 18. Ám a kis eltérés – nyilván – nem lényegbevágó.)

Az orvostanhallgatók kémiai képzése mellett kezdettől fogva ellátta a kémia szakos bölcsész-tanhallgatók oktatását is, ami egyet jelentett nemcsak a hallgatói laboratóriumok, hanem a megfelelő mukalehetőségek égetően sürgős

előteremtésével is. (Ami nem lehetett könnyű feladat az I. világháború után előállt igen nehéz helyzetben.)

Az összetett feladat megoldásában segítette az, hogy 1924-ben megbízást kapott a Dohánykísérleti Állomás kémiai laboratóriumának debreceni megszervezésére és vezetésére. Ezzel nem csupán a dohánykutató laboratórium létrehozása, hanem az orvosi analitikai és törvényszéki kémiai laboratórium továbbfejlesztése is lehetővé vált.

1928-ban a budapesti Növénykémiai Intézet c. igazgatójává nevezték ki. Az ebből adódó további lehetőségek nagy mértékben előmozdították a debreceni Orvosvegytani Intézet biokémiai és növényvédelmi laboratóriuma egészének a tovább építését, fejlesztését.

Nem szorul tehát bizonygatásra, hogy az adott feladatok megoldása milyen rendkívüli szervező-készséget és munkabírást követelt meg. Született tehetségének és felhalmozott óriási ismereteinek köszönhetően intézetében már *a harmincas évek elején megteremtette a korszerű oktatás és kutatás minden feltételét.*

A teljesítmény nagyságát csak növeli, hogy hazánkat is elérte a harmincas évek nagy gazdasági világválsága. E nyomasztó körülmények között az elért színvonalnak már a megtartása sem volt könnyű, a tőle megszokott és ezért szinte elvárt nagyobb arányú fejlesztésre pedig remény is alig volt. Mégis *megtalálta a kiutat* (ami egyébként ma sem lenne éppen elhanyagolandó megoldás): nem felejtkezett el, sőt tudatosan gondoskodott a sokrétű munka ellátásához segítséget nyújtani képes, vezetői munkatársak felneveléséről: Straub János⁴, Barta László, V. Nagy László, Szép Ödön, Tankó Béla⁵, Porcsalmy Ilona, Benőcs Klára és mások.

⁴ L. E kiadvány megfelelő oldala.

⁵ L. előbbi megjegyzés.

Tevékenysége elismeréseként (és kiteljesedéseként) az orvostudományi kar három egymást követő tanévben, majd újabb három évi prodékánsága letelte után még újabb 2 évre prodékánná választotta meg. Tudományos és tudományszervező, iskolateremtő munkássága nyomán 1937-ben az MTA levelező tagja lett.

A II. világháború végén, az 1943/44 tanévben az egyetem rektori tisztét látja el. A háború, az éjjel-nappali bombázások és az átvonuló front megpróbáltatásai közepette nemcsak az egyetem egészét védi, hanem a Klinika-telepet (mint „békeszigetet”) is. Sőt a város egyik vezetőjeként kitűnően állt helyt előbb a németek, majd az oroszok zsaroló stb. követeléseivel szemben.

1945 januárjától prorektorként folytatja a rektorságot, mert – egészségügyi okból – lemondani kényszerül Hankiss János professzor mint rektor.

Elsősorban tehát neki köszönhető, hogy a háború és az azt követő viszontagságok közepette a megszálló csapatok vezetője, a szovjet városparancsnok támogatásával az Egyetemen az oktatás már 1944 decemberében /!/ megkezdődhetett.

Rektori és professzori teendői mellett újra szervezi: az 1944-ben bombasérültté vált Bem-téri Orvosi Vegytani Intézetet.⁶ Ez a munka 1947-ben fejeződik be.

A megfeszített munka késői gyümölcseit nem sokáig élvezhette már Bodnár János professzor, mert betegsége már 1950 elején nyugalomba vonulásra kényszerítette, 1953. október 29-én pedig pontot tett a bemutatott, igazán tiszteletre méltó, tevékeny életére.

„Kötelességemnek érzem, hogy volt tanítványaként és munkatársaként a szervező készségén és munkabírásán túl, más emberi tulajdonságairól se feledkezsem meg”, írja Szabó Sándor:

Rendelkezett azzal a ritka adottsággal, hogy a helyzetből adódó lehetőségeket mind rövid, mind hosszú távra gondosan mérlegelni tudta. Tetteit és intézkedéseit bámulatos realitásérzék jellemezte, a kellő erélyes fellépés képessége pedig alkalmassá tette arra, hogy a magyar műszaki és természettudományos kultúra – számára mindenkor – elsődleges ügyét, eredményesen szolgálhassa. *Szenvedélyesen szerette a tisztaságot mind a fejekben, mind a környezetben.* Talán ezért nem szegődött el a legnehezebb időkben sem a fasizáló németbarát politikai kurzus szekértolójának, (ami egyértelműen kitűnt az 1943. évi „Händel-ügyben” tett lépéseiből, /és nem kevésbé, az 1944. évi itthon-maradásából, az igazán példamutató helytállásából is. Sz. T./) A valóság objektív feltárását mindenek fölé helyező, igazi tudóshoz méltóan megvetette a hízélgést, a képmutatást és az ezekkel karöltve járó emberi butaságot. Minden ilyen megnyilvánulást kíméletlen szigorral utasított el.

Oktatói magatartását is a szigorú objektivitás jellemezte. Jól tudta, hogy hallgatóinak zöme átlagos képességű és csak kevés átlagon felüli akad közöttük. Ám az átlagtól is megkövetelte azt a szintet, amellyel a gyakorlati élet valamely posztján helyt tud állni, az átlagon felüliektől viszont elvárta, hogy az általánosan kötelező ismeret-

⁶ A sors különossége folytán az életrajz összeállítója – már gyerekként – megismerhette a debreceni kémikusok talán legnagyobb alakját, majd pedig – asztalosmester édesapja mellett – maga is részt vett a szóban forgó felújítási és helyrehozási munkálatokban. Mit sem sejtve, hogy valamikor nemcsak hallgatóként, hanem okl. vegyészként ő maga is megéli, sőt végigjárhatja a nagyot változott egyetemen az oktatói és kutatói munka lépcsőit. Megtapasztalhatja annak szépségeit, de útvesztőit és megpróbáltatásait is, miközben egyik követője, talán folytatója is lehet a nagy elődnek.

reteken túlmenően fejlesszék felkészültségüket, ugyanakkor – e törekvésükben – minden segítséget meg is adott nekik. Korán, gyakran már másodévesen, bekapcsolódhattak az intézet laboratóriumaiban folyó kutatásokba, sőt esetenként önálló kezdeményezéseik megvalósításához is megadott minden támogatást. Beosztottjainak és doktorandusainak tevékenységét személyesen és rendszeresen ellenőrizte, munkájukat gondos elemzéseivel és a lényegre tapintó tanácsaival hathatósan segítette elő.

Tudományos munkásságát a sokoldalúság és a korszerűség jellemezte. Már pályája kezdetén is megkülönböztetett figyelemmel fordult a növény-biokémia problémái és a növényvédő szerek elemzési kérdései felé. Igen figyelemre méltóak a növények enzimatisz folyamatával, valamint a higany-, réz-, arzén- és talliumtartalmú növényvédő szerek analitikájával, illetve azok gyakorlati alkalmazásával kapcsolatos vizsgálatai. A húszas évek közepétől tudományos munkássága jelentősen kiszélesedett, ugyanakkor a makroanalitika mellett fokozottan érdekelni kezdik a mikroanalitikai módszerek és gyakorlati alkalmazásai.

Az ivó- és ásványvizek, valamint az emberi tápanyagok elemzése vezetett annak felismeréséhez, hogy az endémiás (= tömeges előfordulású) golyva jódiányelmélete jellegzetesen érvényes a (Debrecen-közei) bodahégyközségi és Miskolc környéki golyvás területek vonatkozásában. További igen jelentős felismerés az is, hogy egyértelmű összefüggés állapítható meg a fogszuvasodás elterjedtsége és az ivóvizek fluorozegénysége között.⁷

Nem kevésbé figyelemre méltóak a törvényszéki kémia terén az arzén, higany, réz és bizmut meghatározására kidolgozott mikro- és ultramikromódszerek, valamint ezek alkalmá-

zása a normális emberi szövetekben, illetve a mérgezés gyanús hullarészekben végzett vizsgálatokban.

Számos, nemzetközi vonatkozásban is korszerű eredményt közölt a dohány és a dohányzás kémiája terén is. Új mikrotitrlási módszerekkel vizsgálta a dohány nikotin-, piridin-, ammónia- és hamutartalmát, valamint ezek változását különféle fermentációs eljárások során. Összefüggést állapított meg a dohány összetétele és minősége között. Vizsgálta a nikotin reszorpcióját és metabolizmusát az emberi szervezetben. Ezzel összefüggésben az első között mutatott rá a szervezetbe kerülő égési és bomlástermékek, valamint a légúti rákos megbetegedések közötti kapcsolat lehetőségére.

A növényvédelem terén a réz-, az arzén- és kéntartalmú növényvédő szerek biokémiai hatásának vizsgálata mellett részletesen foglalkozott a gyakorlati felhasználásukkal kapcsolatos problémákkal és kérdésekkel is. Számos hasznos útmutatást adott a gyakorlat embereinek, jelentősen hozzájárulva ezzel a hazai növény- és gyümölcstermesztés fellendítéséhez.

A biokémia területén, a növény-biokémiai vizsgálatain túlmenően, az állati szervezetben bekövetkező foszforilezési, anaerob cukorbomlási folyamatok és a glükoneogenezis vonatkozásában közölt, a maga idejében, európai szinten is korszerű eredményeket.

Az említett témakörökből közel 200 saját tudományos és ismeretterjesztő közleménye jelent meg. A vezetése mellett készült, félszázánál több doktori értekezés témája is a vázolt szakterületekre esik.

Bodnár János az iskolateremtő debreceni kémikusok egyike, vagy alighanem a legnagyobbika. Tevékenysége és emléke az utódok sokkal nagyobb figyelmét érdemelné.

⁷ L. még Straub János életrajzában is, e kötet megfelelő oldalain.

Dr. Galbács Zoltán

Biodízel és biogáz

A biodízel

A motorizáció fejlődése nem állt le. Az emberiség egyre több robbanómotoros gépjárművet használ. Ugyanakkor nyilvánvalóvá vált, hogy az ásványolajkészletek végesek. Ha nem akarunk lemondani az autózásról, akkor évtizedek alatt fokozatosan át kell térni új üzemanyagokra vagy más elven működő járművekre. Időközben egy másik, környezetvédelmi szempont is igényli az ásványolaj helyettesítését. Az ásványolajban rögzített széntartalom százmillió évvel korábban elraktározott szén, amely végső soron a levegő szén-dioxid tartalmából származott. Az ásványolajból készült gázolajat, benzint elégetve a levegő szén-dioxid tartalmát növeljük, amely üvegházhatású gázként hozzájárulhat a globális felmelegedéshez. E két ok miatt széles körű kutatások indultak a hagyományos üzemanyagok helyettesítésére. A dízelrendszerű járművekhez biodízel üzemanyagot ajánlanak.

Amikor a Diesel-féle robbanómotort feltalálták (kb. száz évvel ezelőtt), először nem ásványolajjal, hanem „biodízel” üzemanyaggal működtek. A növényi és állati olajok, zsírok későbbi helyettesítése ásványolajjal (az árviszonyok következtében) mostanára uralkodóvá vált...

A dízelmotor működésének lényege, hogy a hengerben a dugattyúval összenyomott levegőbe (amely az összenyomás hatására felhevült) nagy nyomással beinjektálják az üzemanyag egy részletét. Az üzemanyag gyors, robbanásszerű égése, a kitáguló gázok feszítő

ereje hajtja a gépet. Az elv lehetővé teszi az éghető anyagok (növényi olaj, folyékony zsír stb.) üzemanyagként való felhasználását.

Az újságokban manapság olvasható biodízel elnevezés alatt két különböző megvalósítást értenek:

- A növényi olajokat (zsírokat) azért, hogy viskozitásukat az ásványolaj üzemanyagéhoz tegyék hasonlóvá, kémiai folyamatok révén (a glicerinszterből) metil-, illetve etilészterré alakítják. (Ehhez külön gyár, energia és metilalkohol vagy etilalkohol szükséges.)
- Az olajos magvakból kisajtolt olajokat kémiai átalakítás nélkül használják fel üzemanyagként. Ahhoz, hogy a sűrűbben folyó növényi olaj is jól befecskendezhető legyen, a gépjárművön kell kevés átalakítást eszközölni.

Mindkét megvalósításban közös, hogy első lépésként a mezőgazdaságnak meg kell termelnie a növényi olajokat. Mivel a növényi olaj sokkal kevesebb ként és aromás vegyületet tartalmaz, mint az ásványolaj üzemanyag, a bioüzemű motorok sokkal kevesebb káros anyagot bocsátanak ki. Maga az üzemanyag, ha a földre kerül, nem veszélyes anyag, mivel biológiailag könnyen lebontható. (Gondoljunk csak arra, hogy a főzőolajjal készült ételt megesszük.) A növényi olajjal hajtott autó kipufogógáza olyan illatú, mintha „lángost sütnének” a motorban. A külföldi szakirodalomban a **biodízel** alatt az **átészterezett** üzemanyagot értik, és a másik eljárást „**Plant Oil**” (növényi olaj) **hajtás** névvel különböztetik meg.

Melyik eljárás a jobb?

- A biodízel bármely dízelrendszerű járműnél alkalmazható (ritkábban) tisztán, vagy (gyakrabban) ásványolaj üzemanyaggal keverve. Az átszerezett olajokat (zsírokat) kémiaiilag kezelni csak meghatározott „művekben” lehet. Ezért a megtermelt, kisajtott olajokat oda kell szállítani, majd a művelet után szét kell osztani. A szállítás, maga a kémiai átalakítás is tetemes energiát igényel. Az észterezéshez szükséges metilalkoholt „művekben” szintetikusán állítják elő nem megújuló szénbázison (azaz a metilészter égetése növeli a káros szén-dioxid-koncentrációt). A metanol maga is veszélyes mérgező. Gyűszűnyi mennyiségben elfogyasztva vakságot okozhat. Ha a teljes életciklust nézzük, a biodízel előállítás energia-pazarló a másik (plantoil) eljáráéhoz képest.
- A növényi olaj hajtásnál a motor rendszerét át kell ugyan alakítani, de csak kis mértékben és egyszer. Ezt követően mindvégig működtethető természetes növényi olajokkal. A farmok környékén termelt és helyben kisajtott olajok helyben tárolhatók. (Akár az egész éves mennyiség is.) A növényi olajok kevésbé tűzveszélyesek, akár műanyag edényben is tárolhatók. (Gondoljunk csak a háztartási főzőolajok használatára!) Az átalakított motor működtethető a sütés-főzéshez elhasznált főzőolajokkal is, igaz ülepítéssel és szűréssel a morzsálékos szennyezésektől meg kell szabadítani. Ha jelentős

a konyhaszennyezés, azt (desztillált)vízes mosással könnyen eltávolíthatjuk. Az átalakítás költségét hamar visszatérítheti az „értéktelen” konyhai főzőolaj-hulladék felhasználása. A nagyobb éttermek olaját szervezeten gyűjtik (pl. az USA-ban). Növényi olajjal működő töltőállomásokat, átalakított autókat láthatunk Dániában és Németországban.

Milyen növényi olajok jöhetnek számításba?

A legtöbb országban termelhető olajos magvak: repce, napraforgó, szója stb. Ezekből ún. hideg sajtolással nyerhető az olaj. Az olajkihozatal kb. 40%-os. A sajtolás után visszamaradt „pogácsa” magas növényifelhérje-tartalmú, rendkívül értékes állati táplálék (különösen a kergemarhakór miatt betiltott állatifehérje-takarmányozás korában).

Miben áll a jármű átalakítása?

Két megoldást alkalmaznak:

- Ha kell, az injektoros fecskendezés fűvókáját módosítják, annak érdekében, hogy tökéletesebb legyen az üzemanyag szétesztatása. A nálunk is használatos (kb. 40 000 db) MTZ traktorokhoz eleve kaphatók a különböző fokozatú fűvókák (néhány liter üzemanyag áráért). Felszerelnek egy kis térfogatú (2-3 literes) póttartályt és egy váltócsapot. Az eredeti nagy térfoga-

Olajfélése	Sűrűség (kg/dm ³)	Lobbanáspont (°C)	Fűtőérték (MJ/kg)
Repceolaj	0,91	317	40,5
Repceolaj-metilészter	0,88	55	37,2
Napraforgóolaj	0,92	316	39,8
Szójaolaj	0,93	330	39,7
Gyapotmagolaj	0,92	320	39,7
Földimogyoró-olaj	0,91	310	40
Gázolaj (ásványolaj)	0,83	55	45

Olajok jellemzői

A jármű típusa	Az átalakítás kezdete
AUDI (80)	1989
BMW (318Tds, 525Tds, 725Tds, 325Tds)	1991
CITROEN (ZX, C15D, Xantia, Berlingo, Jumper)	1992
FIAT (Palio, Scudo, Ulysse)	1994
MAZDA (E2200)	1993
MERCEDES (190D, 200D, 250D, C250, E300D, VitoD, Kramer,.....)	1987
NISSAN (Vanette, Serena)	1995
OPEL (Astra)	1994
PEUGEOT (205, 306, 405, 806, Boxer, Expert,)	1987
ROVER (Range)	1991
SEAT (Toledo, Ibiza, Inca)	1991
TOYOTA (4-Runner, Land-Cruiser, Hi Lux, Hi Ace)	1993
VW (Polo, Golf II, Jatta, Passat, Vento, Transp., Multivan, Caravelle,.....)	1983

Az ELSBETT cég által növényi olaj bajtásra átalakított néhány autótípus

tú tartályba növényi olajat töltenek, a kisebbet hagyományos dízelolajjal (kőolaj származékkal) töltik fel. A traktor (autó) indulásakor először hagyományos olajjal működtetik a motort. Amikor elérték az üzemi meleget (a motor hűtővizének melege elegendő a növényi olaj híg-folyóssá tételéhez), átváltanak növényi olaj üzemre, és működtetik a motort. Majd mielőtt leállítanák a motort, ismét átváltanak kőolaj üzemre, hogy a tápvezeték azzal töltődjön fel, ezáltal az újbóli indítás könnyű legyen. (Nálunk a nyári időszakban különösen könnyű az üzemeltetés.)

– A másik megoldásnál az esetleges fűvókacserén kívül termosztálást alkalmaznak. Indítás-

kor az akkumulátorról működtetett elektromos fűtés melegíti a növényi olajat, majd amikor a működő motor hűtővize is tud már melegíteni, az elektromos fűtés automatikusan kikapcsol, és fennmarad a hűtővíz termosztáló köpenyben való keringetése.

Az átalakítás akár házilagosan is elvégezhető. Néhány száz liter üzemanyag árérték kaphatók azok a „kittek” (felhasználásra kész szerelvények, készletek), amelyeket odahaza (vagy szerelőműhelyben) fel lehet szerelni. Ma már nem csupán a klasszikus, hanem a turbódízel motorokhoz is gyártanak készleteket. (Mercedes,

Növény	1 ha területen termesztett növényből nyerhető olaj átlagos mennyisége (liter)
Napraforgó	430
Repce	420
Szója	400
Növény	1 ha területen termesztett növényből nyerhető alkohol átlagos mennyisége (liter)
Cukorrépa	3250
Búza	1800
Kukorica	2100
Burgonya	1850
Csicsóka	4200

A termesztés eredményessége

Opel, BMW stb. típusokhoz.). Vitathatatlan, hogy a nagyfogyasztóknak, a teherautót, kamiont, mozdonyokat, traktorokat, buszokat, autótakat üzemeltetőknek hamar megtérül az átalakítás költsége. (Még akkor is, ha friss főzőolajokat használnak!) Ahol az államnak is érdeke az alternatív üzemanyagok elterjesztése, ott adókedvezményekkel is elősegítik a terjedést. (Nálunk 0 Ft a biodízel jövedéki adója.)

A hazai alkalmazásokhoz képest jelentősebb a külföldi. Ha valaki többet szeretne megtudni, az az internetről könnyen elérhető fontosabb címek:

<http://www.tar.hu/noha/>

<http://www.ott.doe.gov/biofuels/docs/lifecycle.html>

<http://www.e-misszio.hu/energaia/0824.htm>

http://www.zeropollution/body_concept.html

<http://www.aa.washington.edu/aerp/CRYOCAR/HomePage/Index.htm>

<http://www.elsbett.com>

<http://www.agromgt.com>

<http://www.ktg.gau.hu/KTI/zold/98/5/oldal.htm>

<http://office.heavytruck.com:4092/hdt/1996/10/186a9610.html>

Niels Otto Pedersen,

E-mail: angyals@mail.tiszanet.hu

Bio Car: George Lohmann building of prototypes, Welfenstr. 12., 81541 Munich, Germany, E/mail: lohmanna@biocar.de

A dízeljárművek bioüzemanyaga csupán egy a sok alternatív üzemanyag között. A mezőgazdaság teljes energiaszükséglete fedezhető volna, ha a szántóföldek kb. 1/4-én növényi olajok előállítására alkalmas növényeket termesztünk (napraforgót és repcét). A pogácsa fehérjetartalma értékesítése és a föld trágyázása pl. a növény szárrészeivel javítaná a jövedelmezőséget. Mégis, jelenleg a növényi olaj csak az ásványolaj dízelolaj kiskereskedelmi áránál lehet olcsóbb (annak magas adótartalma miatt), de nem annak termelői áránál. (Ez mindaddig így lesz, amíg bőven lesz import ásványolajunk.)

A biogáz

Metántartalmú biogáz képződik minden természetes szerves vegyületből (szénhidrát-, zsír- és fehérjetartalmú anyagokból) mikroorganizmusok hatására levegő távollétében (anaerob bomlás). Az ilyen lebontást végző baktériumok a legősibb mikroorganizmusok közé tartoznak. E bomlás az ember közreműködése nélkül is végbemegy, a metánképző baktériumok gyakorlatilag mindenütt jelen vannak, és a 4-60 °C tartományban képesek működni. Akkor is dolgoznak, ha nem veszünk róluk tudomást. Metángázos lebomlást szenved ősszel a szántással, ással talajba forgatott elszáradt növényzet vagy a trágyadombok anyaga. Ezeknél a természetes folyamatoknál csak a bomlás során visszamaradt „vegyületmaradványokat” hasznosítjuk (trágyázásra). A metángáz haszontalanul távozik. Pontosabban a talaj pórusaiban felfelé szivárgó metánt az ugyancsak mindenütt előforduló „metánfalo” baktériumok oxidálják abban a talajzónában, ahol már jelen van az oxigén, (ezzel is védve a légkört az „üvegházhatású” metántól).

Ha tudatosan irányítjuk a lebomlást, ha nem engedjük szabadon eltávozni a metánt, akkor jelentős „zöld energiához” juthatunk. A biogáz értékes, a földgázhoz hasonló fűtőértékű termék:

CH ₄ (metán)	50-85 v/v %
CO ₂ (szén-dioxid)	15-50 v/v %
H ₂ S (kén-hidrogén)	0-0,2 v/v %
N ₂ (nitrogén)	0-0,2 v/v %
H ₂ (hidrogén)	0-0,2 v/v %

*A biogáz összetétele
(a nyersanyagtól függően változó)*

Átlagos biogáz	22,5 MJ/Nm ³ (5400 kcal/Nm ³)
Földgáz	33 MJ/Nm ³

Fűtőérték

Mezőgazdasági hulladékokból a fejlett országokban már az 1900-as évek elején (pl. Németországban) fejlesztettek biogázt. Mégsem terjedt el, mert nem volt „égetően” szükséges (mert energiaforrásként ott volt a szén, másrészt a berendezéseket drága betonból és acélból készítették). Annál inkább elterjedt a fejletlenebb világban. Indiában, Kínában, Koreában, a Közel-Kelet országaiiban stb. több millió telep üzemel. A telepek a mezőgazdasági lakosok számára a főzéshez, világításhoz szükséges gázt helyben szolgáltatják, s nem kell távolról, távvezetékekkel szállított (drága) földgázt igénybe venni.

Itt az egyszerű biogáztelepek kiépítése háziagosan történhet:

A földbe vajt (néhány köbméteres) üreget belülről vízzáróvá teszik (agyaggal, döngöléssel, fóliával stb.). Az üreg két oldalán, ferdén, az üreg aljához irányítva két csatornát mélyítenek. Az egyiket adagolják be az erjesztendő hulladékot, a másikon keresztül merik ki az erjedt anyag folyékony halmazállapotú maradékát. Mivel mindkét nyílás az üreg folyadékának szintje alá vezet, így a képződött biogáz nem szökhet el. Az üreg folyadék feletti részében összegyűlő biogázt fölül vezetik el. Vízáron átvezetve megakadályozható, hogy a gáz meggyújtásakor a láng visszalobbanjon (robbanjon). Mivel a gáz fejlődése folyamatos (ha naponta van hulladék beadagolás), de a fogyasztás lehet időszakos, ezért valamilyen közbenső gáztárolást is alkalmaznak. (Ennek egyszerű módja lehet egy nagyméretű fóliaszák (olyasmi mint a gumimatrac), amit a fejlődő gáz felfúj, és ha a kivezető csapot kinyitjuk, akkor a zsák tetejére helyezett kő (vagy homokzsák mint súlyoló nehezék) horpasztva a tárolót, kiürít. Ha a fejlesztőt az állattartó telepek környezetében működtetik, akkor a hulladékot sem kell messzire szállítani. A fejlődő országok klímája, a fagymentes környezet még hőszigetelést sem követel meg.

Ha a fejlődő országoknak megérte, akkor számunkra is előnyös lehet a biogázfejlesztés. Magyarországon évente nagyságrendileg millió tonna kőolajjal egyenértékű biogáz képződhetne mezőgazdasági hulladékokból. Néhány példa a hasznosításra:

A biogázfejlesztés nyersanyaga	1 kg szárazanyagból képződő biogáz m ³ /kg
Lomb (levél)	0,21-0,29
Elefántfű	0,43-0,56
Búzaszalma	0,20-0,30
Istállótrágya	0,17-0,28
Baromfitrágya	0,31-0,62
Disznóürülék	0,34-0,55
Burgonyaszár	0,28-0,49

Milyen előnnyel jár a biogázos lebontás?

- A szerves hulladék kb. 50-70 %-ából metántartalmú gáz (biogáz) képződik.
- A metánná nem alakult szervesanyag, amely a folyadékban visszamaradt, az eredeténél kisebb molekulákból áll, így a növények számára könnyebben, jobb hatásfokkal felvehető. Ezért értékes a természetes trágya (híg trágya). Az erjesztendő hulladék értékes nitrogénvegyület-tartalma ammónia formában a trágyában marad. Ugyancsak teljes mennyiségben visszamarad az ásványianyag-tartalom (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} stb.).
- Az erjedés során közreműködő baktériumok a hulladékkal bekerülő fertőző (patogén) kórokozókat elnyomják, így a trágya nem fertőzővé válik. (Pl. a bilharzia, horgasféreg, galandféreg petéinek 90-99%-a elpusztul, a coli baktériumok 99,8%-a megsemmisül.)
- A lebomlás során a hulladék bűzét okozó vegyületek is lebomlanak, így „szagtalaná” válik a trágya.

- A gyommagvak (kevés kivétellel) az erjesztés során elvesztik csírázó képességüket, ezért az ilyen trágyázással nem szaporítjuk a gyomokat.
- Bár a biogázfejlődés sebessége függ a nyersanyag C/N arányától és a hőmérséklettől, a keveredés mértékétől, de ha az erjesztés időtartama nem kritikus, akkor baktériumfaj adagolása, illetve különleges kezelés nélkül is (spontán) végbemegy a lebomlás.

Nem csupán a mezőgazdasági hulladékok, hanem a városi szemet is lebontható biogázosan:

A város széli telepen mélyítenek egy árkot, amelyet fóliával kibélelnek. A szemetszállító kocsi behordják a háztartási hulladékot (ideálisan a szelektív hulladékgyűjtés nem hasznosítható konyhai szemetét). Amikor az árok megtelt, vízzel lucskosítják (mert a mikroorganizmusok vizes közegben gyorsabban tudnak mozogni, hatékonyabb a biogázfejlesztés). Perforált műanyag csövet tesznek a tetejére, amelylyel a biogázt majd elvezetik. Lefedik fóliával, amelyre a szomszédos árok mélyítésekor kitermelt földet ráterítik (azért, hogy a gáz ne emelje fel a fóliát, másrészt az erjesztés melegét elszigetelje a téli hidegtől is). A hónapok során fejlődő gáz elvezetve lakótelepeket is fűthet. Amikor a metángázképződés lecsökken, az árkot megnyitják, és a folyékony maradékot veszélytelenül trágyaként hasznosítják a közeli földeken. Az esetleges hulladékkal bekerült nagyobb darabokat (sőrösüveg, vasalószinór stb.) villázással, ráccsal könnyen különválaszthatják.

A városi szemet „megsemmisítésének” ez a módja előnyösebb, mint a lerakás (deponálás, hulladékhegy építés) vagy az égetés:

- A deponáláskor hosszabb távon elkerülhetetlen a patkányok inváziója és a száraz lerakás

csak lassú biogázfejlesztést enged (igazából nem is hasznosítják). Ezzel szemben a biogázos erjesztés folyadékában, amely fölött nincs oxigén, a patkány nem élhet meg.

- Az égetés során a kevert szemet olyan hulladékokat is tartalmazhat (különböző műanyagokat), amelyek égetéskor veszélyes anyagokat képezhetnek (dioxin, HCl stb.), amelyek kiszűrése a kéménygázokból igen költséges és nehéz feladat. Mindez nincs a biogázos erjesztésnél, mivel itt a lebontás hőmérséklete sokkal alacsonyabb, mint a szemet égetésekor.

A biogázos „zöld energia” hasznosítás annyira előnyös, hogy megéri nem csupán a hulladékokat erjesztetni, hanem az erre a célra termesztett növényeket is „gázosítják”. Magyarországon a Széchenyi-program keretében kutatásokat végeznek azzal kapcsolatban, hogy az egyes mezőgazdasági terményeket (tehát nem azok hulladékeit) miként lehet a leggyorsabban biogázzá erjesztetni, s ehhez a metánképző (s velük együtt működő ún. savképző) baktériumokat „válogatják”, tenyésztik és a működési körülményeiket optimalizálják.

Lényeges, hogy tudjuk; a biogázos „zöld energia” hasznosítása különbözik a közvetlen égetéses energia hasznosításától. Az előbbi esetben a szervesanyagból képződött biogázt égetik el (akár villamos erőműben). Az utóbbi esetben a növényeket (az ún. energiaerdő fajt) eltűzelve közvetlenül nyernek hőt (és villamos energiát). Igaz ugyan, hogy ennél a tüzelésnél olyan káros anyagok nem képződnek, mint amilyenek a műanyagok (kevert városi szemet) égetésekor képződhetnek, de a növényzet vegyileg megkötött nitrogéntartalma teljesen haszontalanul a kéménygázokkal távozik (káros nitrogén-oxid-képződést is előidézve). Ez utóbbi esetben a termőterületen mesterségesen kell pótolni a „zöld energia” képződéséhez szükséges anyagokat.

Dr. Rózsahegyi Márta

Dr. Balázs Lóránt az idén lenne 70 éves

Fbben az évben lenne 70 éves, és már egy éve nincs közöttünk dr. Balázs Lóránt.

Biztos vagyok benne, hogy nincs olyan magyar kémia tanár, aki ne ismerné, és ne forgatná rendszeresen és hasznosan Balázs Lóránt életének fő művét a Nemzeti Tankönyvkiadó gondozásában megjelent kétkötetes „A kémia története” című remekművet. A könyv anyagának gyűjtögetése, gondozása szinte végigkísérte egész szakmai munkásságát, hiszen ugyanezzel a címmel már 1968-ban megjelent a könyv elődje a Gondolat Kiadónál. A Nobel-díjas Oláh György a következőket írta a szerzőnek a könyv elolvasása után:

„Őszintén gratulálok monumentális munkájához, amit a kémia történetével foglalkozó irodalom egyik kiemelkedő könyvének tartok. Egészen egyedülálló, hogy egyetlen könyvben össze tudta hozni a kémia történetét a korai kezdetektől napjainkig.”

Szakmai és emberi szempontból is rendkívül gazdag és eredményes életutat szakított meg a több évig tartó súlyos betegség és a kegyetlen halál. A 40 év fölötti és a hazai kémia tanításban jártas kollégák jól emlékeznek Balázs Lóránt kedves egyéniségére és több évtizedes következetes harcára, amelyet a hazai kémia oktatás jobbításáért folytatott. A fiatalok kedvéért mutatom be az alábbiakban röviden szakmai tevékenysége főbb állomásait.

1956-ban végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán, kémia-fizika szakon. Kutatómunkáját is itt kezdte, majd a Kertészeti Egyetemen folytatta, doktori- és kandidátusi disszertációját is műszeres analitikai témákból írta. Új oszcillometriás eljárások kidolgozása, országos szabványok, új borvizsgálati módszerek leírása fűződik a nevéhez. Az egyetemen dolgozott tanársegédi, adjunktusi,



si, majd docensi beosztásban is. Előadást tartott, gyakorlatot vezetett műszeres analitikából és szakmódszertanból, több évtizedig tartott egyetemistáknak és főiskolásoknak kémiatörténeti előadást.

A szakmai kérdések mellett mindig foglalkoztatták a kémia oktatás kérdései is. Ezzel a problémával az egész család „fertőzött”, hiszen felesége, Dr. Balázs Lórántné és nagyobb lánya, Balázs Katalin számos szép, igényes tankönyv és ismeretterjesztő könyv szerzője.

Másfél évtizedig végzett odaadó munkát az Országos Pedagógiai Intézetben mint a Kémiai Tanszék, majd mint a Természettudományos Osztály vezetője. Ez idő alatt irányításával születtek magas színvonalú új tantervek, tantervi útmutatók, és kiváló továbbképző könyvek jelentek meg, így „A kémiai folyamatok energetikai alapjai”, „Elektrokémiai műszeres gyakorla-

tok”, „Az anyagszerkezet és a kémiai reakciók”, „Kémia történeti ABC”, „Kis kémiai Szótár”, és hosszan sorolhatnám még a kémiaoktatás korszerűsítése érdekében írott cikkeit, előadásait.

Felsorolhatatlanul sok megvalósított és sajnos meg nem valósított ötlete és újítása volt a kémiatanítás javítására. Több hasznos szemléltetőeszközt tervezett, így például az Országos Oktatástechnikai Központ által elkészített fólia-sorozatának legtöbb darabja a mai napig jól használható, a tudománytörténeti számítógépes adatbázis rendszere bizonyára jó segítséget jelenthet a fiatal kutatóknak. Munkájának eredményességét nívódíjjal és minisztériumi kitüntetéssel ismerték el.

Széles körű társadalmi tevékenységet is folytatott: a Magyar Kémikusok Egyesületében az Oszcillometriás Szakcsoport elnöke, az Oktatási Bizottság alelnöke volt, az utóbbi megbízatás keretében több magas színvonalú kémiatanári

konferencia szervezője és előadója volt. A Magyar Tudományos Akadémia Elektroanalitikai Munkabizottságának, a Köznevelési Bizottságának, a Tudomány- és Technikatörténeti Komplex Bizottságának tagja volt.

Kiváló angol nyelvtudása lehetővé tette, hogy határainkon túl is képviselje a magyar kémiaoktatást, előadást tartott például Madridban az UNESCO Nemzetközi Kémiaoktatási Konferenciáján, továbbá Erfurtban, Grazban, a Szlovák és a Szerb Tudományos Akadémia rendezvényein is több alkalommal szerepelt mint meghívott előadó.

Kedves, kultúrált, vidám, segítőkész egyénisége, a szakma iránti odaadásának emléke kitörölhetetlenül él mindazokban, akik ismerték Őt, és őszintén remélem, hogy a kémia iránti szeretetét közvetlenül vagy közvetve, könyvein keresztül sok hallgatójának és olvasójának is sikerült átadnia.

In memoriam Pálvölgyi Imre

Iz a pár sor nem akar több lenni, mint egy búcsúintés egy jó barátnak, egy nagyszerű kémiatanárnak, annak, aki néhány hete csendben örökre elment közülünk.

Imrének a génjeiben volt a didaktika, hiszen felmenő ősei – egészen az 1700-as évekig visszamenően – dokumentáltan tanítók voltak. Ő is tanító volt a legnemesebb értelemben! Sokoldalú, nagy tudású, alkotó tanár.

Battonyai gimnázium, szegedi Radnóti Miklós, majd Deák Ferenc Gimnázium, ezek voltak tanári pályáinak állomásai. Megalapozta, felvirágoztatta a Radnótiban a tagozatos kémiaoktatást. Későbbi vegyészek, gyógyszerészek, kémiatanárok, orvosok, mérnökök több nemzedékével kedveltette meg a kémiát. Igazi kísérletező, „aranykezü” tanár volt. Iskoláiban olyan szertárfejlesztő munkát végzett, amely ezen a téren szinte egyedülálló. Példaértékűek, mintaszerűek azok a kémiai kabinetek, amelyeket szorgalmas munkával, nagy szakértelemmel megalkotott. Büretták, pipetták, lombikok, vegyszerek glédában, példás rendben sorakoznak

a szertáraiban, ott mindennek praktikus kialakított helye van! Közel ezer (!) tökéletes precizitással, szabadkézzel megrajzolt, egész íves nagyságú, színes falikép került ki keze közül. Ezekben feldolgozta az anyagszerkezet, a vegyipari gyártástechnológiák középiskolai tananyagban előforduló témáit. Még az 1970-es évek végén írt egy ötszáz oldalas egyedülálló munkát a veszélyes vegyszerekről és az azokkal kapcsolatos balesetvédelemről. Szerényen kilincselte, hogy találjon rá kiadót, de senkinek sem kellett, pedig nagy haszonnal forgathatták volna tanárok és diákok is. A faliképeken feldolgozta a periódusos rendszer történetét is. A harminc táblából álló sorozat – állandó kiállítás formájában – bárki számára megtekinthető a Deák gimnáziumban.

... És sorolhatnám még munkáit, szellemes didaktikai ötleteit, modelljeit, kísérleti eszközeit.

Példaértékű, nagy tanáregyeniség és jó ember volt, ebből a fajtából az utolsó mohikán.

Dr. Adamkovich István

Kószó Katalin

Kellenek-e nekünk a definíciók? I.

„Mit nevezünk...?” „Mit jelent a(z)...?” „Mi a(z)...?” „Fogalmazzuk meg, mit jelentenek a következő kifejezések:...?” „Mit értünk... alatt?”

Ilyen vagy ehhez hasonló kezdetű kérdések a legtöbb kémiatankönyvben, munkafüzetben, feladatlapon szerepelnek, s szinte minden kémiaórán elhangzanak. Képesek-e tanítványaink ilyen típusú kérdések szabatos megválaszolására? Milyen típusú hibák fordulnak elő?

A kérdésekre egyetemisták körében végzett (a cikk második részében bemutatásra kerülő) felméréssel kerestem a választ. A típusú hibák feltárása feltétele annak, hogy fejlesztő feladatokat dolgozzunk ki és alkalmazzunk a kémia oktatása során.

Az elmúlt két évtizedben alapvetően megváltozott a tudásról és a tanulásról alkotott elképzelésünk. Jól tudjuk, a tudáshoz tanulás vezet, azonban a tanulást nem azonosíthatjuk az iskolába járással és az íróasztal melletti olvasgatással. Az iskola legfőbb deklarált feladata az ismeretszerzés és a képességfejlesztés. Manapság egyre több szó esik a képesség- és készségfejlesztésről, de hogy ez valójában hogyan valósuljon meg a tanítási órán, ahhoz kevés segítséget kapnak a pedagógusok.

Az ismeretszerzés talán egyik legfontosabb eleme a fogalomalkotás, egyik fő célja a fogalmi gondolkodás kialakítása. A fogalmi gondolkodás, az intelligencia csakis tárgyi ismeretekre és tényekre építhető. Mára szlogenné vált: „azért kell sokat tanulnunk, hogy megtanuljunk tanulni”. Gyorsulva fejlődő világunkban társadalmi szempontból nem az a legfontosabb, hogy tanítványaink tanulnak-e, tudnak-e tanulni, hanem az, hogy, milyen hatásfokkal tanulnak. „Nem az a fő kérdés, hogy mekkora mennyiségű ismeretet halmoznak fel a fiatalok,

hanem az, hogy a meglévő tudásuk birtokában mire és mekkora ráfordítással lehet őket megtanítani.” (Csapó, 2003) Ez azonban nem jelentheti azt, hogy az ismeretek az oktatás folyamán a háttérbe szorulnak, hiszen képességeket fejleszteni csak tartalmakon keresztül, az ismeretszerzés folyamatában lehet. Azt azonban mindenképpen meg kell fontolnunk, hogy melyek azok az ismeretek, amelyeket a tanítási órákon alaposan feldolgozunk.

A PISA 2000 nemzetközi összehasonlító vizsgálat rávilágított, hogy a 15 éves magyar tanulók (s feltehetően más korosztály is) döntően a mechanikusan bevéső tanulást értik tanulás alatt. A magyar lányok vezetnek a nemzetközi magolási listán. A mai magyar oktatásra az „egy tanár beszél – sok tanuló hallgatja” típusú, pusztán az ismeretek passzív befogadását, s a következő órán az elhangzottak visszamondását elváró prezentációs stratégia a jellemző. Bebizonyosodott, hogy az oktatás folyamán ritkán teremtünk közvetlen kapcsolatot a tudás elsajátítása és alkalmazása között. Az így megszerzett tudás a tanulók többségének idegen és érthetetlen, s éppen ezért megjegyezhetetlen. Így nem is kell csodálkoznunk azon, hogy gyakran nyomasztja tanítványainkat a tanulás, amely legtöbbször az iskolában és otthon monoton feladatok elvégzését, s haszontalanul eltöltött időt jelent. A magyar diákok 40 %-a állítja: „Az én iskolám az a hely, ahová nem szeretek járni.” (Vári és munkatársai, 2001.,)

Az eddigiek tükrében is megpróbálhatunk válaszolni a címben felvetett kérdésre. De hogy elkerüljük az elhamarkodott válasz csapdáit, tekintsük át a definíciók tudásrendszerünkben betöltött szerepét, a definiálás folyamatának jellemzőit!

A definíciók szerepe a tudás kialakulásában

A terminológiai zűrzavarban való eligazodáshoz a rendszerező képességek hierarchiáját, fejlesztési lehetőségeit és felmérését több évtizede kutató Nagy József (2003a, 2003b) munkái adnak segítséget.

A tudás, melynek megszerzésére nap mint nap mindannyian törekszünk nem más, mint *tények, adatok, fogalmak* és a köztük levő *viszonyrendszer* rögzítése memóriánkban úgy, hogy az onnan gyorsan és pontosan előhívható, felidézhető legyen. A tudást mint tudattartalmat értelmezzük. A tudattartalom azonban nem mindig „tudatosul” a tanulás, a fogalomalkotás során.

A fogalomalkotás különböző műveletek segítségével jön létre. A fogalmaink kialakulhatnak tapasztalati megismerés során (*indukció*) vagy levezethetők más fogalmakból (*dedukció*). A tapasztalásra épülő fogalmaink kialakulásában fontos szerepe van az analízisnek, a szintézisnek, az összehasonlításnak, az elvonatkoztatásnak, az osztályozásnak és az általánosításnak. A dedukcióval kialakított fogalmainkhoz rendszerint nem kötődnek közvetlenül képzetek, csupán más fogalmakhoz való kapcsolatukat, definíciójukat ismerjük.

A legáltalánosabb és legegyszerűbb fogalmainkat szinte nem is lehet definiálni, esetleg csak körülírni (pl. állapot). Életünk során nagyon sok olyan fogalmat használunk, melynek még sose hallottuk, sose mondtuk ki a definícióját. Ettől függetlenül megbízhatóan láthatják el besoroló funkciójukat. Spontán módon – többnyire az oktatástól függetlenül – kialakult fogalmakat a kémia tanítása során is használunk.

A tanulás során kialakuló új fogalmak és azok definíciói csak akkor válhatnak a problémamegoldás során könnyen felidézhető és alkalmazható tudás részévé, ha szervesen beépülnek a tanulók meglévő fogalmi struktúrájába és a meglévő fogalmi készlet változását, átrendeződését eredményezik. Mindez kognitív képességek aktiválása következtében valósul meg.¹

A kognitív képességek egyike a rendszerező képesség, mely (a többi komplex képességhez hasonlóan) egyszerű képességekből, készségekből, rutinokból szerveződik. A rendszerező készségek fontos szerepet játszanak mind a fogalomalkotásban, mind a fogalom alkalmazásában, kommunikációnk egészében. Ilyen készségek a gondolatképzés, a gondolataktiválás (felismerés, felidézés), a besorolás (befoglalás, keresés, szelektálás, szortírozás), a definiálás, a sorképzés és az osztályozás. Ahhoz, hogy egy kialakult fogalmat értelmező szinten használni tudjunk mind ezen készségek megléte és aktiválódása szükséges. Az egyszerű fogalmak működtetéséhez ismernünk kell a fogalom definícióját és rendelkezünk kell a definiálás készségével, ismernünk kell a definiálás, a definíció-fogalmazás szabályait

A definíció egy fogalom elhelyezése egy fogalomrendszerben más fogalmakhoz való kapcsolatainak megadásával. Valójában egy mondatból vagy formulából meghatározott szabály. Ez a szabály *megadja a definiált fogalom tartalmát* (a lényeges és megkülönböztető ismertetőjegyeit) és *terjedelmét* (a fogalom értelmezési tartományát), vagyis azt, hogy kommunikációban hogyan és mire használható, ily módon jelentésszerű és besoroló funkciója van.

Az oktatásban használt definíciók a fogalmak hierarchikus osztályozásán alapulnak. A definíciók szerveződését tekintve tartalmazza a *definiálandó fogalom* nevét (N), a név és a kifejtés közötti viszonyt (V) és magát a kifejtést. A fogalom kifejtése a *besoroló fogalomból* (U, univerzum, felsőbb fogalom, nemfogalom, genus, a definíció állítmánya) és azokból a *jegyekből* (J, megkülönböztető, besoroló tulajdonságok) áll, amelyek az adott fogalmat elkülönítik más, ugyanazon általánosabb fogalom alá besorolható fogalmaktól. A besoroló jegyek közti viszonyoknak (és/vagy reláció) is ki kell derülnie a definícióból. Ideális esetben a definiálandó fogalom és a megkülönböztető jegyek ugyanazt a halmazt jelölik, azaz egymással helyettesíthetők.

¹ A képességekhez kapcsolódó fogalmak pontos definícióit ld.: Nagy, 2003a; 2003b

A kémia tanítása során a definíciók szerveződési szintje alapján megkülönböztethető nyolc típus közül a leggyakoribbak az egyjegyű, a kapcsolatos és a választó definíciók. Az eddigiek illusztrálására vizsgáljunk meg néhány példát, melyekben a zárójelbe tett betűk a kifejezések definícióban betöltött szerepére utalnak! A példamondatok első változatában a besoroló fogalom követi a definiálandó fogalmat, a második változatban a mondat végére kerül. A viszonyok egyértelmű kifejezésére alkalmasabb az első változat.

Egyjegyű definíció:

- „Az ionkötés (N) olyan elsőrendű kémiai kötés (U), melyet a pozitív és negatív ionok közötti elektrosztatikus vonzás (J) hoz létre (V).”
- „Az ionkötés (N) a pozitív és negatív ionok közötti elektrosztatikus vonzás által (J) létrehozott (V) elsőrendű kémiai kötés (U).”

Kapcsolatos definíció:

- „Az atom (N) olyan kémiai részecske (U), mely protonokból, neutronokból és elektronokból (J1 és J2 és J3) épül fel (V).”
- „Az atom (N) protonokból, neutronokból és elektronokból (J1 és J2 és J3) felépülő (V) kémiai részecske (U).”

Választó definíció:

- „Az elegy (N) olyan homogén keverék (U), mely gázokból vagy folyadékokból (J1 vagy J2) áll (V).”
- „Az elegy (N) gázokból vagy folyadékokból (J1 vagy J2) álló (V) homogén keverék (U).”

A tanulók munkáiban gyakran találkozhatunk csonka definícióval. Az ilyen mondat nem látja el a besoroló funkcióját, ezért nem is tekinthető valódi definíciónak.

- „Az oxidáció (N) kémiai reakció (U).”
- „Műanyagok (N) a mesterségesen előállított anyagok (U).”

Nem tekinthető definíciónak az a típusú megfogalmazás sem, melyben a név és az univerzum egymás szinonimái. Ezekben a megfelelő kifejezések felcserélésével ugyanolyan igazságtartalmú állítást kapunk.

– „Irreverzibilis átalakulásnak nevezzük a visszafordíthatatlan átalakulást.”

– „A visszafordíthatatlan átalakulást nevezzük irreverzibilis átalakulásnak.”

A diákok tanulmányi idejük alatt több ezer definíciót vagy definíciószerű mondatot ismerhetnek meg. Ennek hatására a sokszor alkalmazott mintát követve képessé válhatnak olyan fogalmak definiálására, amelyre még sosem kérték őket. Nagy József (2003b) vizsgálatai során azt találta, hogy a tantárgyak spontán fejlesztő hatásának a nyolcadik osztály végére a definiálási készség a diákok alig több mint harmadánál éri el az optimális használhatóság szintjét.² Ők azok, akik (nem feltétlenül tudatosan) ismerik a *definiálás alapelveit*, s azt mint szabályt, *definiálási algoritmust* követik. Az is bebizonyosodott, hogy ez a készség fejleszthető, tehát fejlesztendő.

A definiálás legfontosabb alapelvei

- A definíció egyetlen, nem túl hosszú mondat.
- A definíció a meghatározandó szóval kezdődik, s a besoroló fogalommal folytatódik, tükrözi ezen két rész közötti viszonyt.
- A definícióban nem szerepelhet kétszer a meghatározandó fogalom.
- Besoroló fogalommal jól ismert, kellően átfogó, de nem túl tág fogalmat célszerű választani.
- A megkülönböztető jegyeknek ismertnek, világosnak és a besoroló funkciót jól ellátónak kell lenni.
- A megkülönböztető jegyek száma nem lehet túl nagy (max. 8).
- A megkülönböztető jegyek közötti viszonynak egyértelműen ki kell derülnie.
- A definíció nem lehet tisztán tagadó.

A kémiai fogalmak jelentős része – a legjobb szándékunk ellenére is – rosszul definiált: jelentése kontextus függő, értelmezése többszintű lehet. Az elnevezés is gyakran félrevezető, nem tükrözi a fogalom korszerű jelentését. A nem megfelelő definíciók elvesztik tudást segítő, gon-

² A felmérésben részt vevőknek megadott elemekből kellett definíciókat megfogalmazni.

dolgot gyorsító hatásukat, néha egyenesen akadályozzák a fogalmak fejlődését és a fogalmi váltást, esetleg a tanítással szemben rendkívül ellenálló tévképzetek kialakulásához vezetnek. (Tóth, 2001.;2002) A fogalomalkotás során ránk leselkedő csapdák elkerülése érdekében minden egyes definíció kimondása, kimondatása előtt meg kell győződnünk arról, hogy a besoroló fogalmat és a megkülönböztető jegyként használt fogalmakat ismerik-e tanítványaink. Hiba olyan fogalmakat definiálni, melyek megértésére előzetes ismereteik alapján a tanulók nem képesek.

Irodalom

[1] Csapó Benő (2003): Oktatás az információ társadalom számára. Magyar Tudomány, 2003. 12.

[2] Nagy József (2003a): Az eredményesebb képességfejlesztés feltételeiről. Iskolakultúra, 2003. 8.

[3] Nagy József (2003b): A rendszerező képesség fejlődésének kritériumorientált feltárása. Magyar Tudomány 2003.

[4] Tóth Zoltán (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. A kémia tanítása 2001. 2.

[5] Tóth Zoltán (2002): A kémiai fogalmak természetete. Iskolakultúra. 2002. 4.

[6] Vári Péter – Bánfi Ilona – Felvégi Emese – Krolopp Judit – Rózsa Csaba – Szalay Balázs (2001): A PISA-2000 vizsgálatról. Új Pedagógiai Szemle, 2001. 12.

Dr. Radnóti Katalin

Nahalka István: Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 2002.

Fmindössze 143 oldalas könyv alapvető je-
lentőségűnek tekinthető napjaink pedagó-
giájában. A szerző célkitűzése a nevelés-
tudomány különböző területeinek oktatásában
meghatározó, és az egyre több kutatás elméleti
háttérét adó konstruktivista szemléletmód alap-
gondolatainak és azok kialakulásának bemuta-
tása. De mit keres egy ilyen témájú könyv is-
mertetője egy kémiai szaklap hasábjain? Ennek
az az oka, hogy a konstruktivista szemléletmód
alapgondolata kiválóan alkalmazható a termé-
szettudományos nevelés területén, azon belül
a kémia oktatásában is.

A természettudományos nevelés problémái-
val foglalkozó, elsősorban külföldi kutatók igen

nagy része vallja magáénak ezt, vagy ehhez igen
közel álló szemléletmódot. Érdemes a rendkívül
gazdag irodalomjegyzékre is figyelmet fordítani,
több mint 200, elsősorban idegen nyelvű hivat-
kozás van a könyvben. A felhasznált publikációk
körét a legújabb tendenciákat bemutató össze-
foglaló munkák, és neves folyóiratokban megie-
lent, a világ minden tájáról érkező cikkeire való
utalások teszik ki, mint pl. International Journal
of Science Education, European Journal of
Science Education, Science Education, Ameri-
can Journal of Physics, Physics Education stb.
Több hivatkozás található az előismeretek kuta-
tását elindító, és abban úttörő szerepet vállaló
Rosalind Driver-re, továbbá a kutatás élvonalá-

ba tartozó több kutatóra, mint pl. Duit, Glasersfeld, Karmiloff-Smith, Maturana, Novak, Nussbaum, Osborn, Séré, Sexl, Vosniadou, akik közül többen jártak hazánkban is.

A magyar oktatást sokszerűen érték a 2000-es PISA felmérés tanulságai. De évek óta látjuk azt is, hogy a diákok körében nagyon nem kedvelt tantárgy a fizika (a kémiával karöltve). Vagyis a fizika oktatásának újragondolása elengedhetetlenné vált. És ehhez a nem könnyű feladathoz adhat komoly segítséget ez a könyv a tankönyvírók, tantervfejlesztők és nem utolsósorban a gyakorló tanárok számára. A folyamat lényegében már elkezdődött, hiszen a NAT 2003. koncepciója ezt a szemléletet tette magáévá, melyet azonban nagyon sokan értetlenül fogadtak. A célok és az azok eléréséhez felhasználható eszközrendszer jobb megértéséhez ad segítséget a könyv.

A könyv összefoglalja a konstruktivizmus kialakulását megelőző tudományfilozófiai, pszichológiai és az azokból levezethető pedagógiai nézeteket, majd bemutatja a konstruktivizmus bizonyos, pedagógiailag lényegesnek tűnő megállapításait, következtetéseit. Különösen nagy jelentőséget tulajdonít az előzetes tudásnak, mely szerinte az ismeretszerzés folyamatában meghatározó jelentőséggel bír. Az előzőekben említett fejezetek kissé elméletinek tűnnek ugyan, de a gyermektudományt bemutató fejezet olyan útmutatásokkal szolgál, melyeket a tanárkollégák akár már a másnapi óráikon is kipróbálhatnak, tesztelhetnek.

A szerző kifejti, hogy nem várhatjuk el a gyerekektől, hogy az egyik órán bevezetett új fogalmakat, elméleti rendszereket a következő óráig teljesen megértsék, átformálják addigi gondolkodásmódjukat. A sok-sok kis lépés nem spórolható meg! A fogalmi váltások időszakában érdemes többféle paradigma szerint is értelmezni egy-egy jelenséget. Például felhasználva, hogy a gyerekek a mozgásokkal kapcsolatban alapvetően az arisztotelészi elképzelésekhez hasonlóan gondolkodnak, ebben a rendszerben is értelmezzük, mondjuk a szabadesés jelenségét, rámutatva egyben arra, hogy a newtoni elképzelések mennyivel jobbak a leíráshoz. A külön-

böző hőtani jelenségeket, a keveredést, a kémia reakciókat próbáljuk meg a gyermeki elképzelésekhez közel álló folytonos anyagképpel értelmezni, miközben lássuk be ennek sikertelenségét, kínálva egyben az anyag részecskeképét számukra. És minél több példát tárjunk a gyerekek elé, minél több „rejtvényt” oldjanak meg.

Fontos megmutatni, hogy a tudomány változó rendszer. Időnként megváltoznak a kérdésfeltevés módjai, más és más lesz fontos. A mozgások esetében például az arisztotelészi elképzelés szerint az a kérdés, hogy miért mozog a test, míg a newtoni elképzelésben a testeknek a mozgás a természetes állapota. A kérdés már inkább az, hogy hogyan mozog a test, illetve miért változik meg a test mozgásállapota. Továbbá a régebbi korok tudósai nem egyszerűen csak abban különböztek a mai kor tudósaitól, hogy sok dologról nem tudtak, mai korunkból visszatekintve tele voltak tévedésekkel, hanem más módon szemlélték a világot.

A gyermektudomány elemeit sem úgy kell felfognunk, hogy azok egyszerűen a gyerekek téves elképzeléseinek halmaza, a felelések alkalmával pedig azért adnak hibás válaszokat, mert lusták és nem tanulnak. Persze nem állítjuk, hogy ilyen nem fordul elő. De sok olyan esetet ismerünk, amikor a gyerekek válaszai hibásak ugyan a mai elfogadott elméleti rendszer felől közelítve, de az ő sajátos világlátásuknak viszont egyenes következményei. Ezért annyira fontos az, hogy egy adott téma feldolgozásának kezdetén vizsgáljuk meg a gyerekek előzetes elképzeléseit azzal kapcsolatban. A jó szaktanárnak nem csak az általa tanított tudományterület mai ismeretanyagát kell ismernie, hanem ugyanilyen fontos az is, hogy ismerje saját tanítványait is. Így talán eredményesebb lehet oktatásunk.

A könyv írása óta eltelt időben hazánkban is történtek a szakirodalmi hivatkozásokban leírtakhoz hasonló vizsgálatok. Ezek alapján elmondható, hogy a mi diákjaink is olyan jellegű félreértelmezéseket hordoznak, mint más nemzetek gyermekei. Ezért ajánlom minden olyan fizikatanár kollégának a könyvet, aki kész megújulni tanítványai érdekében.

Dr. Galbács Zoltán – dr. Galbács Gábor

Arzén eltávolítása egyszerűen

Az arzén elem legkisebb mennyisége és minden vegyülete felesleges és káros az emberi szervezet számára. Ugyanakkor, mint gyakori elem, mindenütt előfordul (talajban, vizeinkben, kenyérben, halakban stb.). Az ivóvíz arzéntartalma különösen veszélyes, mivel a vízből könnyebben felszívódik az arzénvegyület, mint a szilárd táplálékból. A halálozási adatokból (kínai adatok alapján) megfogalmazott összefüggés:

$$\lg(Y+2) = 2,246 X + 0,0953.$$

A kifejezésben Y jelenti az elhalálozás %-át, X pedig az ivóvíz arzéntartalma mg/liter egységben kifejezve. A veszélyességet az is jelzi, hogy az ivóvízre korábban megállapított $50 \mu\text{g/liter}$ -es határértéket $10 \mu\text{g/l}$ -re csökkentették. Mivel a természetes vizek, ivóvízforrásaink gyakran tartalmazznak arzént (van ahol közel $200 \mu\text{g/l}$ -t is), kémia módszerekkel szükséges az arzéntartalom csökkentése.

Itt egy kínálókozó alkalom arra, hogy megmutassuk, a kémiai ismeretek mennyire jól és közvetlenül szolgálhatják a gyakorlati életet! Olyan arzéneltávolítást ismertetünk, amelyet minden tanuló elvégezhet, akár otthon is.

Arzéneltávolításra az adszorpció módszerek az igazán alkalmasak.

Adszorbensként a magnézium-hidroxid javasolható, amely még erősen lúgos (pl. 10 M NaOH) oldatban is hatékonyan képes a fémszennyezéseket eltávolítani.

A magnézium-hidroxid könnyen képezhető. Ha a természetes vizeket kissé meglúgosítjuk, mivel általában a vizek tartalmazznak magnéziumionokat, a $\text{pH} > 9,6$ értéknél fehér színű Mg(OH)_2 csapadék képződik:



$$[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 1,8 \cdot 10^{-11}.$$

A lúgosítást és a magnéziumion-bevitelt egyidejűleg megoldhatjuk, ha magnézium-oxid port szórunk a vízbe. A mészoltáshoz hasonlóan a magnézium-oxid a vízzel reagál:

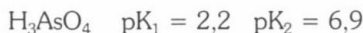


Az oldat lúgosodik, mivel a képződött magnézium-hidroxid bázisként kismértékben disszociál:



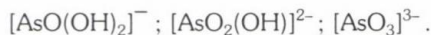
Így az oldatban és a beszórt magnézium-oxid szemcsék felületén egyaránt jó adszorbens képződik.

A vizek arzéntartalma As(III) és As(V) oxidációs formában van jelen. Az arzén(III)-sav gyengébb sav, mint az As(V) -sav. Így a természetes vizek pH -ján az As(V) -sav anionjai formájában, míg az As(III) -sav csak részben van anionos formában jelen. Az arzénsav a foszforsavhoz hasonlóan hárombázisú sav:



$$\text{pK}_3 = 11,5 \text{ (25 } ^\circ\text{C)}.$$

A H_3AsO_3 arzénessav lépcsőzetes deprotonálódásából a következő anionok képződhetnek:



Csupán csak az első protonvesztés nagyságrendjét ismerjük:

$$\frac{[\text{AsO(OH)}_2]^- \cdot [\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{AsO}_3]} \sim \\ \sim 6 \cdot 10^{-10}; \text{pK}_1 = 9,2.$$

Az arzén(V) anionjai jobban adszorbeálódnak, mint az arzén(III) anionok. Ezért, ha a csapvíz arzéntartalmát szeretnénk eltávolítani, akkor különösen jó eredményre számíthatunk, mivel a hálózati vizet majdnem mindenütt klór-

ral fertőtlenítik, s a klór egyúttal az arzént is oxidálja (az As(III)-at As(V)-té).

Módszerünk a következő:

A csapvíz kb. 1,5-2 liternyi részletét befo-lyatjuk egy (PET műanyagból készült) ás-ványvizes palackba. Adunk hozzá késhegynyi vagy kávéskanálnyi magnézium-oxidot (amelyet a gyógyszerárakban vásárolhatunk). Az edényt kupakjával lezárva jól összerázzuk, és félretesz-szük. Ha este kezdjük a műveletet, másnap reg-gelig várhatunk. Várakozás közben a fehér csapadék leülepszik. Óvatosan töltjük ki a palack kb. felét anélkül, hogy a csapadék fölkeveredne! Választhatjuk a szűrést is (alkalmas pórusmére-tű szűrőn pl. ún. kávéfilteren). Az oldat tisztája arzénszegény, mivel az arzéntartalom a fehér csapadékhoz adszorbeálódott. A csapadékot el-dobhatjuk. (Akár a kerti földre is szórhatjuk, mi-vel a talaj természetes arzéntartalma (5-6 mg/kg!) nagyságrendekkel nagyobb, mint az ivóvízé.)

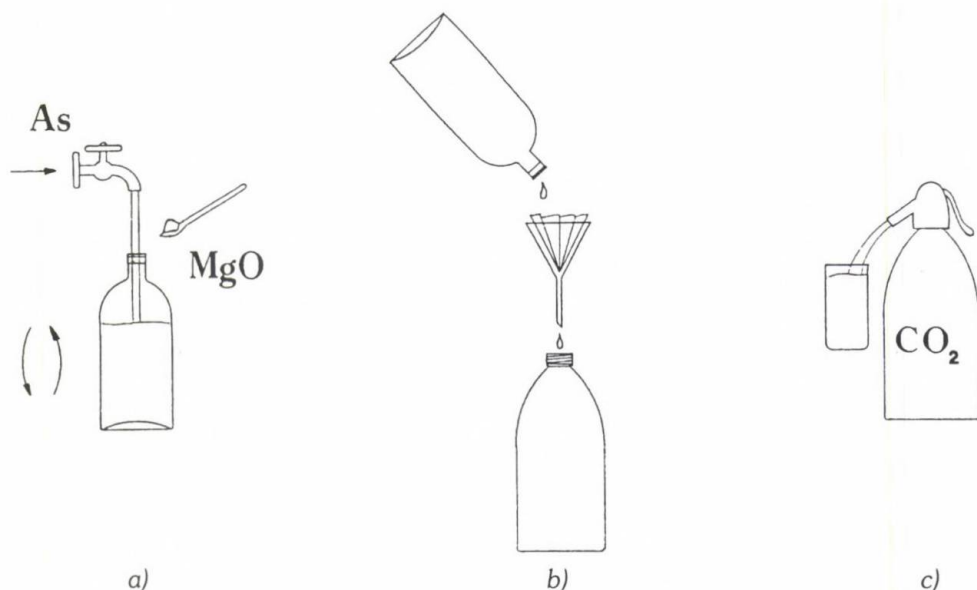
Az általunk arzénmentesített víz enyhén lú-gos, de közvetlenül fogyasztható. (Megihatjuk,

főzhetünk vele.) Ha házi szódavízkészítő szifon-ba töltjük és CO₂-patront pukkasztunk bele, ak-kor pH-ja a savas tartományba tolódik el. Íze olyan lesz, mint a többi szénsavas vízé. Annyi a különbség, hogy arzéntartalma az eredeti ví-zénél nagyságrenddel kisebb.

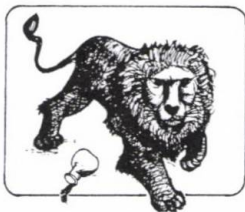
Amint látható az ábrán is, a módszer egysze-rű és olcsó. (1 liter víz arzénmentesítésének költsége kb. 0,4 Ft.) A magnézium-oxidot nem kell pontosan adagolni. Ha esetleg többet szórunk bele a szükségesnél, akkor sincs baj. A magné-zium-hidroxid kevésbé oldódik (telített vizes ol-datának koncentrációja $2 \cdot 10^{-4}$ M), csapadéka leülepszik, ugyanakkor a magnéziumion – az ar-zéntől eltérően – élettanilag kedvező kompo-nense a víznek.

Irodalom

- [1] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiája, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
- [2] Galbács Zoltán: Az alföldi rétegvizek arzén-tartalmával kapcsolatos problémák, VI. Or-szágos laboratóriumvezetői értekezlet kiadvá-nya, Békéscsaba, 2000., pp. 3-9.



Az arzéneltávolítás mozzanatai



OROSZLÁNKÖRMÖK

Györei Eszter – Rohn Emese

Természetes indikátorok

A katáng kék virága, az almák pirosuló molya, a sárga nőszirmok tengere, az ibolya halványlila szolidsága, a tűzliliom narancsvörös lángja, az erdők zöld nyugalma, ősszel a vörös-barna-lila tarkaság, a téli gyémánt csillogás és tavasszal a rózsaszín koszorúslányruhába öltözött fák a világ sokszínűségét hirdetik. Mit is érne az életünk a színek, a fény nélkül?

A természet színei bár csodálatosak, nem csak gyönyörködtetésre szolgálnak. Fontos szerepük van. A növények legtöbb hajtása zöld színű. Nem véletlenül. A zöld szín okozójának, a klorofillnak köszönhetően képesek a növények felépíteni saját anyagaikat. Tehát ez a legfontosabb. A művészi technikával megfestett virágok felkeltik a beporzást végző rovarok figyelmét, vagy egyszerűen becsapják őket. Hiszen a nektárgyűjtő rovarok élénk színüknek köszönhetően fedezik fel a virágokat, míg a pók- vagy szarvasbangó rovarszerű virágáról szerelmi mámorában azt hiszi a szerencsétlen rovar, hogy megtalálta párját. Igaz ugyan, hogy csalódnia kell, de megporozta a virágot. A termések színei elterjedésüket segítik.

A növényi festőanyagok az ember számára is fontosak.

Már az ősemberek is harci dísznek használták az erős, festő színű növények nedvét. Később ruhákat, cserepeket díszítettek ezekkel a színezőanyagokkal. A népművészetben ma ruhák, szőttesek díszítésére, tojásfestésre használ-

ják, de sajnos egyre kevesebb helyen. Szomorú, hogy mindenütt szívesebben használnak mesterséges színezékeket, szintetikus anyagokat, pedig ezek a környezetre és az egészségre egyaránt károsabbak, mint a természetes anyagok.

Csak ritkán hallani a növényi színanyagokról, ezért elhatároztuk, hogy kipróbáljuk, megvizsgáljuk őket.

Kiderült, hogy nem az összes növényi színezőanyag használható festésre. Vannak színek, melyek nem állandóak, már a napfény is könnyen kifakítja őket. Ezen kívül savas vagy lúgos hatásra is megváltoztatják színüket. Ilyen például az orvosi tüdőfű vagy a tavaszi lednek virágának színét okozó vegyület is. Megfigyelhető, hogy a virág színe piros, majd lila, végül sötét-kék lesz. Ez a színváltozás a sejtnedv pH-jának hatására következik be. A savas kémhatás a beporzás után lúgossá válik. Ez a színreakció nem csak a természetben játszódhat le, laboratóriumban is könnyen előállítható. Mi is elvégeztük a kísérletet.

Egy-egy gázfelfogó hengerbe tüdőfű és fokföldi ibolya virágot tettünk. Az egyik hengerbe sósavat, a másik henger gázterébe nátrium-hidroxid-oldatot helyeztünk. A színváltozás néhány perc elteltével jól látható volt. Savas közegben a virágok színe rózsaszín, míg lúgos kémhatáson kék lett.

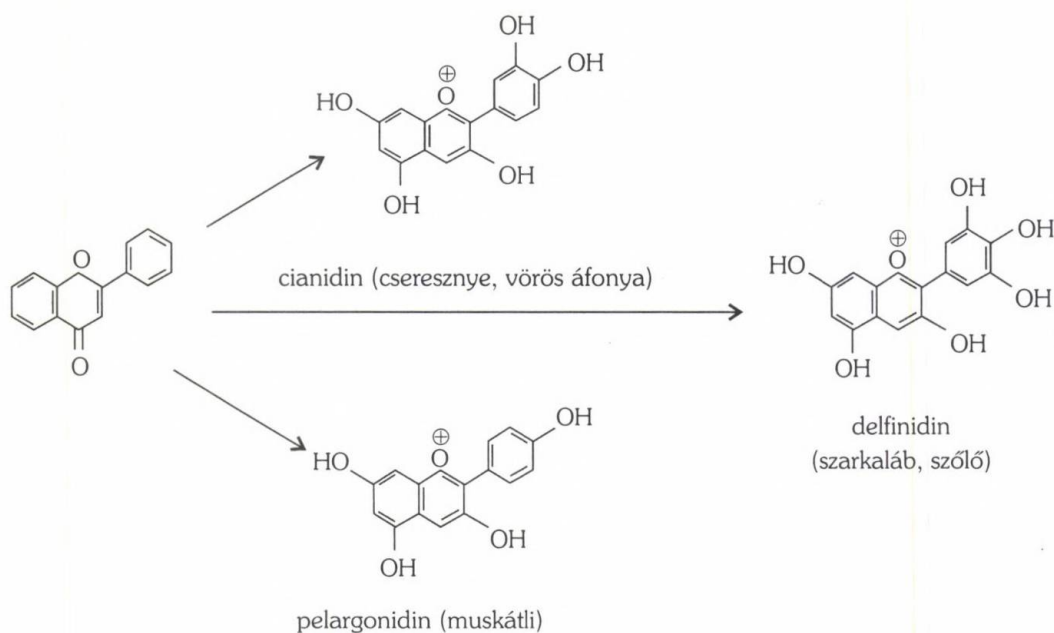
Milyen vegyület lehet az, ami ilyen csodákat okoz? Először 1682-ben Nehemia Grew angol

természetkutató kísérletezett azzal, hogy forró vízzel és alkohollal kivonja a növények festőanyagait. Később felfedezték, hogy a legtöbb vörös, lila és kék és sárga gyümölcs- és virágszín egymáshoz hasonló vegyületek okozzák. Ezeket a nem fotoszintetikus pigmenteket Geissman 1952-ben nevezte el flavonoidoknak. Ez a név a latin flavus (sárga) szóból ered. A növényvilágban mintegy 750 különböző felépítésű flavonoidot ismerünk. Ide tartoznak a flavonok, flavonolok, antocianidinek, kalkonok, auronok. Szerkezetük a flavonból (2-fenil-benzopirán) vezethető le. Egymástól a flavonoid csoporthoz kapcsolódó hidroxil-, metoxicsoportok számában különböznek. A növények rendszerint cukorhoz kötve, glikozidok formájában fordulnak elő. A cukormentes flavonoidokat aglikonnak nevezzük. A glikozidáció a sejtnedvben oldhatatlan aglikonok oldhatóságát javítja, valamint stabilitásukat tartja fenn.

A flavonok és flavonolok közé, ha csak az aglikont számítjuk, mintegy 280 különböző vegyület tartozik. A flavon alapvázhoz metoxi- és szénhidrogén-csoportok kapcsolódnak. A leg-

gyakoribb flavonolok a kempferol, a kvercetin és miricetin. Glikozidjaik az emberi szem számára csak mérsékelt színes vegyületek, de – a virágok színanyagaiként – a rovarok csalogatásában jelentős szerepet töltenek be. Sőt a fotoszintézisben is szerepet játszanak, elsősorban, mint a pigmentrendszer alkotóelemei.

A másik nagy csoportot az antocianinok képezik. Marquart 1835-ben nevezte el ezeket az anyagokat antociánoknak. Ez a görög szó „virágkék”-et jelent. Mivel a növényekben ezek is glikozidok alakjában fordulnak elő, Wilstatter 1913-ban pontosította az elnevezést antocianinokra. Itt az aglikont antocianidinnek nevezzük. Ezek oxigéntartalmú heterociklikus vegyületek, flaviliumsók. Mivel sósavas közegben nyerik ki az antocianinokat, ezért gyakran klorid alakban írják fel őket. Azonban a természetben a flaviliumkationok szerves savak anionjaival kapcsolódnak. Egymástól a flaviliummaghoz kapcsolódó hidroxil- és metoxicsoportok számában különböznek. Három alap antocianidinre vezethető vissza: pelargonidinre, cianidinre és delfinidinre. A természetben mindig cukor-



hoz kötve fordulnak elő. A cukorrész javítja a színyanyagok oldhatóságát és a bomlást részben megakadályozza, ugyanis az antocianinok fény és hő hatására könnyen elbomlanak. De fiatal növényi hajtásokban erős lehűlés miatt megjelenhetnek, így ezek a növényi részek lilás árnyalatot nyernek. Míg fölmelegedés után elbomlanak és az általuk raktározott cukrok az anyagcserében felhasználódnak. A látható színt sohasem egyetlen vegyületnek köszönhetjük, hanem különböző arányban jelen levő, eltérő szerkezetű antocianinok alakítják ki.

Kevesen tudják hogy a lakmuszpapír festékanyaga is ilyen természetes indikátor. Egy a Kanári-szigeteken és Észak-Amerikában honos zuzmófajból vonják ki. Ilyen jellegű indikátort majdnem minden (kivéve a sárga) színes virágból, termésből, növényi részből elő lehet állítani.

Mindezek ismeretében láttunk neki, hogy kivonjuk és kipróbáljuk ezeket a természetes indikátorokat.

- Retek héjából,
- ibolya virágából,
- lilahagymából,
- sárgarépából,
- szederből,
- céklából,
- meggyből,
- vöröshagyma leveléből,
- vöröskáposztából,
- alma héjából,
- csipkebogyóból,

- narancshéjból,
 - bodza terméséből,
 - álkörmös terméséből,
 - büdöske virágából,
 - lestyán leveléből,
 - vasvirágból,
 - tealevélből,
 - vérszilva leveléből,
 - pletyka leveléből,
 - ribizli terméséből,
 - málnatermésből,
 - vörös rózsza virágából,
 - vörös muskátlivirágból,
 - kék szőlőből
- vontuk ki a színyanyagokat.

Ezek a vegyületek jól oldódnak vízben, alkoholban, hidroxilmentes oldószerben (benzol, éter) azonban nem. Vizes kivonatokat az apróra vágott növényi részek kb. 45 perces (forráspont körüli hőmérsékleten) főzésével majd ezek szűrésével nyertünk.

Ezt követően megvizsgáltuk, hogyan változik a színük a különböző kémhatásokon. Egy hordozható pH-mérő segítségével igyekeztünk a színátcsapás-tartományokat meghatározni. Az indikátorral színezett oldatot sósavval pH=2-ig megsavanyítottuk, majd NaOH oldatot cseppenként hozzáadva figyeltük a színváltozást. Közben folyamatosan mértük a kémhatást. Ahogy az ekvivalencia ponthoz közeledtünk, folyamatosan csökkentettük a lúg koncentrációját. Előfordult, hogy egy csepp NaOH hatására

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ibolya	bíbor (1 pH)			rózsaszín (3,5 pH)							zöld (11,7 pH)		sárga (13 pH)	
Szeder	piros (2 pH)			átmeneti szín (színtelen)							zöld (10,5 pH)			
Cékla				halvány piros (3 pH)							barna (12 pH)	zöld (12,5 pH)		
Narancs				világossárga (1,5 pH)			<élénkül						élénk sárga	
Csipkebogyó				világosbarna (1 pH)			<sötétedik						sötét barna	
Retek				élénknarancs (2 pH)			rózsaszín (5– 10,5 pH)			zöld (10,7 pH)		sárga (12 pH)		
Lilahagyma				gyenge rózsaszín (1,2 pH)			színtelen (5 pH)		sárga (9 pH)		töményen zöldes (12,8 pH)			
Meggy				piros (2 pH)	bíbor (4 pH)		zöld (7 – 7,5 pH)				töményen sárga (12 pH)			
Alma				narancsvörös (2,5 pH)			rózsaszín (5 pH)			bíbor (10 pH)				
Vöröskáposzta				vörös (2 pH)			bíbor (5 pH)	kék (7 pH)		zöld (9,3 pH)				
Vöröshagyma				színtelen (1 pH)								sárga (8,7 pH)		

Az indikátorok színcsapásai

is hirtelen nagyot nőtt a pH. Ilyenkor az oldatot visszavasanyítottuk, és sokkal hígabb bázissal újrameztük a lúgosítást, vagy kis töménységű sav hozzáadásával és a pH folyamatos mérésével jutottunk vissza a színátcsapás tartományába. Így használtunk 0,1M, 1M koncentrációjú és 10, 20, 30 tömeg%-os töménységű oldatokat. Később kiderült, jól tettük, hogy eleinte töményebb és kisebb mennyiségű oldatokat adtunk az indikátoroldatokhoz, mert így kevésbé változtattuk meg az indikátor töménységét. A legtöbb kivonat színintenzitása, színárnyalata függ a koncentrációtól, amit leginkább a muskátli kivonat esetében tapasztaltunk.

A legjobb színintenzitású a vörös káposztából készített oldat volt. $\text{pH} = 2$ -n a színe élénk vörös, ami $\text{pH} = 5$ -nél bíborra változott. Pontosan a $\text{pH} = 7$ -n kék lett a színe, ami további egy csepp NaOH oldat hatására már zöldes árnyalatot mutatott ($\text{pH} = 8,3 - 9,6$ -ig kékeszöld). $\text{pH} = 9,3$ körül már teljesen zöld volt az oldat, ami már nem változott további lúgosítás hatására sem.

Hasonlóan viselkedett még a retek, a meggy, a pletyka, a bodza, a ribizli, a málna, a rózsák és a szeder. Bár ezek színe nem volt ilyen erős, és más kémhatáson váltottak színt. Pontosan a $\text{pH} = 7$ -t csak a vöröskáposztából nyert oldat mutatta.

Megpróbáltunk utánajárni, milyen vegyületek okozhatják ezeket a színreakciókat. Gondoltuk, más kísérletekkel is igazoljuk az előbbi „színes” tapasztalatainkat.

Vékonyréteg-kromatográfiával próbáltuk meghatározni, hogy milyen molekulák alkotják az indikátoroldatokat.

Mit is jelent ez a vizsgálati módszer?

A története a század elejére nyúlik vissza, amikor egy orosz botanikus (Cvet) felismerte, hogy ha növényi színanyagok petroléteres oldatát porított kalcium-karbonáttal töltött üvegoszlopra önti és oldószerrel mossa, azt összetevőire lehet bontani. Így az oszlopon különböző sávok alakulnak ki.

Mára már sokat fejlődött ez az elválasztási módszer, mely az oldott anyagok két fázisrend-

szeren (közülük az egyik mozgó) keresztül végbemenő mozgékonyaságán alapszik. A rétegekromatográfia egy síkelrendezésű folyadék-kromatográfia. Olyan elemzési módszer, ahol egy mozgófázis (oldószerkelet) vándorol a rétegelrendeződésű állófázison (oldószerkelet, ill. szorbens). Különböző sebességgel egy vagy több elválasztandó anyagot szállít magával. A közben lejátszódó folyamatok közül a legjelentősebb a vándorló vegyületek megoszlása a két fázis között. A folyamat során több fizikai jelenség is végbemehet ugyanazon a szorbensen (pl.: adszorpció, megoszlás, ioncsere). A használt szorbens szerkezete határozza meg, hogy melyik jelenség lesz az uralkodó. Adszorbens esetén az adszorpció az elválasztás alapja. (Fogalmazza meg dr. Tyihák Ernő A rétegekromatográfia című zsebkönyvében.)

Mi is ezt alkalmaztuk. Butanol, ecetsav és víz 4:1:2 arányú elegyével futattuk a szilikagél lemezekre (Merck, 13,2x20 cm és 11,1x16,7 cm) felvitt oldatokat. Az egységes gőztér létrehozásához futtatókamrának üvegkádát és a lezárásához csiszolt üveglapot használtunk. Pontos kísérleteket csak standard színanyagokkal végezhattunk volna, vagyis ha a keresett anyagokat is futtatjuk az oldatok mellett. Erre nem volt lehetőségünk, így kénytelenek voltunk az irodalomban megadott értékekhez viszonyítani a tapasztalatainkat. Megmértük a starttól az oldószerfront és a színanyagok vándorlási távolságát. A kettő aránya az ún. R_m (relatív mobilitás) érték. Ezeket visszakeresve megkaptuk, milyen anyagokat tartalmazhatnak az indikátoroldatok. Így azonban téves eredményekre is juthattunk volna, ezért egyeztetünk szakkönyvek leírásaival. Helyesen mutattuk ki, hogy a rózsafélék, pl. a meggy, a vadrózsa tartalmaznak cianidint és kvercint (ennek az antocianidinje a cianidin). Hogy a meggy és az alma kvercintet, az ibolya malvidint és a szeder kvercintet tartalmaz, a vöröskáposzta és a pletyka levele, a bodza, az álkörmös és a szőlő termése delphinidint tartalmaz, a tealevélben malvidin található, míg a büdöskében peonidin van, és a vasvirágban cianidin a színanyag. A lemezen jól látható volt egy folt, ami

a meggyben, a szederben, a káposztában és a lilahagymában valószínűleg ugyanazt a vegyületet jelzi, hiszen színük megegyezik, és az R_m értékük azonos. A retek oszlopában ugyanilyen magasságban található folt nem lehet ugyanaz a vegyület, mert más a színe, de típusukban biztosan egyeznek. Az egyező vegyületek miatt az oldatok hasonló tulajdonságúak lesznek. Ezeket az oldatokat, a színátcsapásvizsgálatkor is említettük, hogy hasonló változással reagálnak a különböző kémhatásokra. A kétféle hagyma rokonságát egyértelműen tükrözik az egyforma magasságban lerakódott sárgás vegyületeik. Kimutattuk, hogy a vöröskáposzta, a vérszilva, a pletyka, a szőlő, a bodza és az álkörmös azonos színanyagot tartalmaznak. A kivonatok indikátorként is hasonlóan viselkednek.

Tehát ez a kromatográfiás vizsgálat igazolta, hogy a színváltozások nem a véletlen műveként mutattak hasonlóságokat.

Egy indikátor esetében fontos az is, hogy milyen széles körben alkalmazható. Hő hatására változnak-e tulajdonságai? Azonos színreakciókat ad-e minden sav vagy bázis esetében? Vagy időben elbomlanak-e a kémhatást jelző vegyületei?

Ezért felforralva próbáltuk ki, hogy ugyanolyan színűek-e az indikátoroldatok, és jelzik-e még a pH értékének megváltozását. A céklakivonat hő hatására elvesztette indikátor jellegét, barna színű lett és nem reagált a savakra, lúgokra. Az antocianinokra jellemző tulajdonság, hogy a heterociklusos gyűrű vízben oldhatatlan, barna színű polifenollá alakul. Más kivonatoknál ezt valószínűleg azért nem tapasztaltuk, mert a folyamat pH-függő, és savasabb kémhatáson nehezebben megy végbe.

Megfigyeltük azt is, hogy más savak, illetve bázisok esetében hogyan változik az indikátorok színe. Használtunk ecetsavat, ammónium-hidroxidot, kénsavat, salétomsavat. A kísérleteink alapján a sav vagy bázis anyagi minősége nem befolyásolta az indikátorok színváltozásait.

A tárolhatóság szempontjából az a kérdés, hogy az idő múlásával változnak-e a kivonatok tulajdonságai? Több hét elteltével újra megvizsgáltuk, hogy adják-e még a színreakciókat.

Az indikátorokat hűtve tároltuk, mert könnyen megpenészedhetnek, azonban így az alma kivételével, még három hét elteltével is működtek. Az almából kinyert indikátor egy hét után megváltoztatta tulajdonságait. Savban rózsaszín, míg lúgban sárga színt mutatott. Ez a jelenség valószínűleg a flavonoid szerkezetében bekövetkező változással magyarázható.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a legjobb indikátornak a vörös káposzta kivonat bizonyult, mert a legjobban mutatta a pH értékének változásait, és pontosan jelölte a semleges oldatot. Gondoljunk csak bele, egy erős sav vagy erős bázis titrlálásánál milyen hasznos, ha az indikátor pontosan és élesen elkülönülő színnel jelzi az ekvivalencia pontot. Mellette szől még, hogy gazdaságos az előállítása, hiszen egy káposzta leveléből legalább 200-300 cm³ kivonatot tudunk előállítani. Minden tulajdonságát megtartotta, nem bomlott el sem hő hatására, sem az idő múlásával. Tehát a vörös káposzta színanyaga jó laboratóriumi indikátor, környezetkímélő és olcsón előállítható.

Azonban, ha általánosságban szólunk az általunk elvégzett kísérletekről, elmondhatjuk, hogy a kémiának izgalmas, gazdag színvilágú, érdekes részével ismerkedtünk meg. Szerintünk érdemes lenne többet használni ezeket az indikátorokat, hiszen olyan kevés természetes anyag létezik, amely ennyire jól alkalmazható a laboratóriumi kísérletek során.

Irodalom

- [1] Hans Breuer: SH atlasz – Kémia, Springer – Verlag, Bp. 1995
- [2] Bruckner Győző: Szerves kémia III-1., Tankönyvkiadó, Bp. 1991
- [3] Verzárne dr. Petri Gizella: Farmakognózia, Medicina, Bp. 1982
- [4] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1998
- [5] Dr. Tyihák Ernő: A rétegekromatográfia zsebkönyve, Műszaki Tankönyvkiadó, Bp. 1979
- [6] Dr. Gombkötő Géza – dr. Sajgó Mihály: Bio-kémia, Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1985

NAT 2003 AJÁNLOTT TANTERV

A közoktatásról szóló törvény szerint
2004-ben az iskolák új pedagógiai
programot, illetve a NAT 2003 alapján
helyi tantervet készítenek.

Az iskola az oktatási miniszter által
kihirdetett kerettantervek alapján
elkészítheti helyi tantervét.

A Mozaik Kiadó által készített
kerettantervrendszert az OM akkreditálta,
és nyomtatásban megjelent
a 17/2004. (V. 20.) rendelet mellékleteként
az Oktatási Közlöny 2004/68.
számának 593-1488. oldalán.

A kerettanterv letölthető az OM
honlapjáról, valamint
a www.mozaik.info.hu címről.

MOZAIK KERETTANTERVRENDSZER NAT 2003

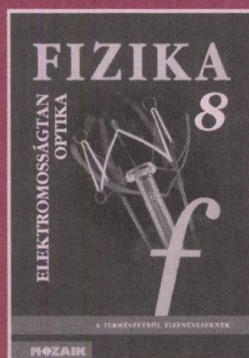
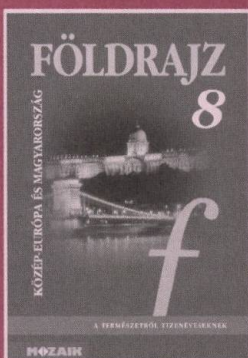
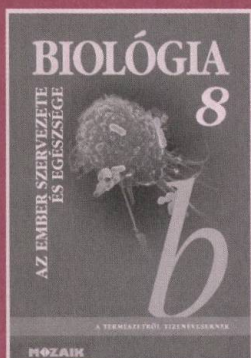
**Az általános iskolák
és a gimnáziumok számára**

ALSÓ TAGOZAT
FELSŐ TAGOZAT
GIMNÁZIUM

MOZAIK

MOZAIK – NAT 2003
Kerettantervrendszer
www.mozaik.info.hu

A HUNDIDAC 2003. VERSENY ARANY-DÍJAS KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu

A magyar vegyipar 2003-ban
(Várady Judit)

Biogeokémiai körfolyamatok,
a karboniumciklus
(Dr. Papp Sándor)

Millner Tivadar
(1899-1988)
(Dr. Szalay Tibor)

Sulinet Kémia
(Siegler Gábor)

XII. ÉVFOLYAM 2004

5

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1350 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

A magyar vegyipar 2003-ban

Várady Judit vegyész, újságíró,

Magyar Vegyipari Szövetség

**Biogeokémiai körfolyamatok,
a karboniumciklus**

Dr. Papp Sándor ny. egyetemi tanár, Veszprémi Egyetem,

Általános és Szervetlen Kémia Tanszék

Millner Tivadar (1899-1988)

Dr. Szalay Tibor

DE, nyugalmazott egyetemi tanár

Sulinet Kémia

Siegler Gábor középiskolai tanár,

Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest

**Nahalka István: Hogyan alakul ki a tudás
a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia**

Dr. Radnóti Katalin tanszékvezető, főiskolai tanár, ELTE

**A Richter Gedeon Rt.
a Magyar Kémia Oktatásáért**

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Várady Judit

A magyar vegyipar 2003-ban

A magyar vegyipar jelenlegi helyzete és távlatai igen változatos képet mutatnak.

Általánosságban a vegyipar – mint iparág – magában foglalja a klasszikus szerves és szerves vegyipari termékeket előállító cégeket, a petrokémiai iparágat, a műanyagipart, az olaj- és gázipart, a gumi-, a festék-, a papíripart, a biotechnológiai cégek sorát, az alumíniumipart és nem utolsósorban a gyógyszeripart. A rendszerváltás előtt a második legnagyobb iparág volt, több mint 140 ezer munkavállalót foglalkoztatott.

A rendszerváltást követően a vegyipar teljesítménye jelentősen visszaesett. Okai ismertek: a hazai vásárlóerő csökkent, a keleti export piacok túlnyomó része elveszett, a felkészülés nélkül végrehajtott import-liberalizációval a magyar vállalatoknak le kellett mondaniuk a „piaci mérkőzéseken” a „hazai pálya” előnyeiről. Napjainkra a vegyiparban a munkaerő létszáma a felére csökkent.

A privatizáció során egyáltalán nem volt prioritás a vegyipar korábbi szintjének fenntartása. A legdrasztikusabb változások 1992-ig történtek. Ezt követően 1996 végéig stagnálás, vagy kis mértékű termeléseszkökenés jellemezte a vegyipart. 1997-ben az ágazat elmozdulni látszott a holtpontról, úgy tűnt, hogy növekedési pályára áll. Mindezzel együtt az elmúlt tíz évben a teljes vegyipar részaránya a feldolgozóipari termelésben 14 százalékkal csökkent. Az 1999. évi termelés volumene az 1990. évének csak a 70 százalékát érte el.

A vegyipar munkavállalóinak száma hetvenezer körül van. A változások együtt jártak azzal is, hogy a gazdaságtalan termeléseket leállították,

a túlzott kapacitások leépültek, több korszerűtlen termelő-üzemet bezártak. Azok a szektorok, amelyek korábban is valódi versenypályán mozogtak, könnyebben reagáltak a kihívásokra. Azok, amelyek kevésbé piacokonform alapon működtek – védetségüket elvesztve – többnyire jobban megsínylették a nyitást.

A jó példák között érdemes megemlíteni a petrokémiai ipart és az arra épülő műanyaggyártást. A vegyipar egyik olyan területéről van szó, melynek termelése 1990 óta nem esett vissza, és napjaikban eddig sohasem látott módon fejlődik. A PE, PP, PVC, polisztirol, és poliuretángyártás már a 80-as években versenyképes fejlődési pályán állt, köszönhetően a korszerű technológiák alkalmazásának.

Néhány szakágazat azonban nehéz periódust élt át. A műtrágyaipar kibocsátása – a mezőgazdaságban bekövetkezett drasztikus igényhanyatlás következtében – harmadára csökkent. Több műtrágyaüzemet be kellett zárni, nitrogénműtrágyát ma már csak egyetlen vállalat állít elő, de a gázárak emelkedése miatt igen nehéz gondokkal küszködik. (Most épül Szolnokon az Ipari Parkban egy zöldmezős beruházás keretében a TVML, új műtrágyagyára.) Az agrárszakma sorsához kötődő magyar növényvédőszer-gyártás is a változások vesztesei közé sorolható, a FÁK országaiból kiszorulva nem tudott versenyben maradni. A fogyókúra a gyógyszeripart sem kerülte el. Bármennyire is a magyar vegyipar egyik gyöngyszeme volt, a számadatok mutatják, hogy termelése önmagához viszonyítva jelentősen csökkent. Ma olyan pályán kell bizonyítaniuk, ahol a világ legnagyobb termelői sem mindig boldogulnak egyedül.

A szakma fejlődését megalapozó általános gazdasági környezetről

2003-ban a világgazdaság egyenlőtlenül fejlődött. Konjunktúra jellemezte az Egyesült Államokat és Japánt, amelyeknek növekvő fejlődési üteme azonban az Európai Unióban még nem volt tapasztalható. (A legfrissebb adatok szerint az euróövezet évi átlagos növekedése talvaly a 0,5%-ot sem érte el). A növekedés üteme a csatlakozó országokban is lassult.

Magyarországon az év második felétől megindult a gazdaság élénkülése (GDP=102,9%), melyet az ipar gyorsuló növekedése alapozott meg. Az ipari termelés a 2002. évi 2,8%-kal szemben 2003-ban 6,4%-kal emelkedett. A növekedés meghatározó tényezője az ipari export 10,9%-os bővülése volt, de kismértékben emelkedett a belföldi értékesítés is (1,1%).

A vegyipar teljesítményéről

A statisztikai adatok szerint 2003-ban a vegyipar teljesítménye csak kismértékben javult. Termelése mindössze 1,6 %-kal emelkedett. A szektor gazdasági súlya azonban így is jelentős. Az elmúlt évben az ipari termelés 13,4 %-át, ezen belül a feldolgozóipar termelésének 14,9 %-át a vegyipar adta. A folyóáron mért termelési érték 1850 milliárd forint, 7,3 milliárd EUR volt.

Szerény mértékű növekedést mutat az értékesítés is (0,9 %), amely az 5,2 %-os exportbővülés eredménye, hiszen a belföldi értékesítés a 2002. évhez mérve 2,7 %-kal csökkent. A vegyipar az ipari export 11,5 %-át realizálta.

Vegyí anyag és vegyi termék gyártása

A szektor termelésének volumene 2003-ban az ipar átlagát meghaladó mértékben, 7,6 %-kal emelkedett. A termelés változása az egyes szakágazatoknál jelentős eltérést mutat. A kulcságazatnak számító gyógyszergyártás 21,5%-kal, a mezőgazdasági vegyi termék gyártás (növény-

védőszerek) 27,9 %-kal, a háztartásvegyipari és kozmetikai termékek előállítására 14,2%-kal növekedett. Ugyanakkor nagyobb mértékben csökkent a vegyi szálak, a szerves vegyi anyagok, illetve a műtrágyák termelése. Az évek óta kiemelkedő teljesítményt nyújtó műanyag-alapanyaggyártás növekedése – külső és belső hatások következtében – megtorpant, a termelés értéke összehasonlításon 3,3%-kal csökkent.

2003-ban a szektor exportja – a világ vegyiparában tapasztalható kedvezőtlen folyamatok ellenére – a hazai ipari export átlagát meghaladó mértékű, 12,3%-os növekedést mutatott, ezt azonban 1,4%-os belföldi forgalomcsökkenés kísérte. Köztudott, hogy az export közel 80%-át a gyógyszerek, és a műanyag alapanyagok kivitele adja. A 2003-as exportnövekedést azonban döntően a gyógyszeripari készítmények kiugróan magas, 25%-ot meghaladó forgalom-bővülése eredményezte, hiszen a műanyag-alapanyagok exportja 1,9%-kal csökkent.

Műanyag és gumitermékek gyártása

A műanyag termékek előállítása az utóbbi években a teljes vegyipar leggyorsabban fejlődő területe volt. A termelés – az előző évinél mérsékeltebb ütemben ugyan – de továbbra is emelkedett (4,5%), és jelentősen bővült a belföldi értékesítés volumene (8%) is. Ugyanakkor az export (ezen belül elsősorban a műanyag csomagoló eszközöké) csökkent. Megtorpant viszont a gumiipari szakágazat évek óta megszokott növekedése. 2003-ban az export még emelkedett (1,6%), a belföldi értékesítés jelentős visszaesése miatt a termelés 1,7%-kal elmaradt az előző évitől.

Kőolajfeldolgozás

A szektort reprezentáló MOL Rt. jó üzleti eredményei ellenére a főbb mutatószámok 2002-höz viszonyítva visszaesést mutatnak: összehasonlításon a termelés és az értékesítés is közel 10%-kal csökkent. A visszaesés oka döntően a hazai kiskereskedelmi üzemenyag-érté-

kesítés csökkenése (a környező országokhoz képest magasabb jövedéki adók miatt), továbbá az ipari földgáz eladások jelentős (9%-os) mérseklődése. Az export – amely az alágazaton belül az összes értékesítés 1/4-ét jelenti – a kedvezőtlen működési környezet hatására az előző évhez mérve szintén csökkent.

Információk a vegyipari külkereskedelemről

2003-ban a hazai vegyipar termékeinek 52%-a belföldön, 48%-a külföldön értékesült. Az export 58%-a fejlett ipari országokba, döntően az EU tagállamaiba (45%) jutott. Legfontosabb EU partnereink: Németország, Ausztria, Olaszország, Nagy-Britannia, Franciaország. Jelentős a vegyipari kivitel a CEFTA országokba is (közel 21%).

A vegyipari kivitel értékelése mellett rendszeresen figyelemmel kísérjük az ország teljes vegyi anyag és vegyi termék külkereskedelmi forgalmának alakulását is. (Ez a mutató figyelembe veszi a nem vegyipari szektor által exportált illetve importált vegyi anyagokat, vegyi termékeket is.) 2003-ban az export teljes értéke 3,7 milliárd USD-t tett ki, a devizában számított exportnövekedés az előző évhez viszonyítva 6,6% volt. A vegyipari anyagok és termékek behozatala – a gazdaság egészére jellemző módon – a kivitelnél nagyobb mértékben nőtt. Az import emelkedése azonban 2003-ban kiugróan magas, USD-ban számítva 25,5%-os volt. Az importon belül a legnagyobb volument a műanyag késztermékek és a gyógyszerek képviselik, de jelentős a műanyag alapanyagok, gumiipari termékek, illetve a szerves vegyi anyagok behozatala is.

Az ország vegyi anyag és vegyi termék külkereskedelmi forgalmának egyenlege hosszú idő óta tartóan passzív, amelyet a 2003-ban bekövetkezett változások tovább rontottak. Az import többlet éves szinten meghaladta a 3,1 milliárd USD-t.

Létszám és kereseti viszonyok

A vegyipar az ipar kevésbé létszámgényes ágazatai közé tartozik. A teljes vegyipar 2003-ban az iparban dolgozók 9,6%-át – közel 70 ezer fő – foglalkoztatta. A létszám – összefüggésben az új technológiák bevezetésével – hosszabb idő óta folyamatosan, éves szinten 1-1,5%-kal csökken, növekedésére számítani nem is igen lehet.

2003-ban az átlagot meghaladóan fejlődő vegyipari anyag- és -termékgyártás területén mégis volt létszámbővítésre lehetőség, a másik két alszektorban a létszám azonban csökkent. A vegyipari átlagkereset – a termelés növekedésének alacsonyabb szintje ellenére – 2003-ban 10,8%-kal emelkedett. (Ez magasabb, mint a versenyszféra átlagosan 8,9%-os növekedése). A vegyiparban dolgozók bruttó 179 ezer forintos átlagkeresete – az ipar egyes ágazataihoz mérve, illetve a nemzetgazdaság egészét tekintve – viszonylag magas. (Csak a pénzügyi szektorban, illetve a közigazgatásban dolgozók átlagkeresete magasabb).

Beruházások

2003-ban a vegyipari beruházások értéke 238 milliárd forint (938 millió EUR) volt, amely az iparban végrehajtott beruházások közel 23%-át jelentette. Az előző évhez viszonyítva a beruházásokra fordított összeg – folyó áron – több, mint 50%-kal nőtt. A beruházások döntően a műanyag alapanyag és késztermékgyártásra, a kőolajfeldolgozásra, illetve a gyógyszeripari ágazatokra koncentráltak.

Ahol a legnagyobb fejlődés várható: TVK Rt., BorsodChem Rt., MOL Rt.

Valószínűleg az oktatási tárca szakemberei előtt is ismert, hogy a TVK Rt.-nél az évszázad legnagyobb hazai vegyipari beruházását hajtják végre. A több mint 110 milliárd forintos beruházás nemzetközi méretekkkel mérve is hatalmas. A TVK és a MOL Rt. ennek érdekében már korábban szövetségre lépett. A TVK Rt.-nél elindult petrokémiai fejlesztési projekt hivatalo-

san 2004-ben fejeződik be. Ez 430 millió euró, azaz kb. 110 milliárd forint beruházást jelent.

Ami már befejeződött, az a kopolimer gyártása is alkalmas PP-4 üzem bővítése. A 40 kt-s bővítés a tavalyi év utolsó negyedévében megtörtént és ez lehetőséget adott arra, hogy a kevésbé költséghatékony és korszerűtlen termékpalettával rendelkező PP-2-es polipropilén üzemet le lehessen állítani. Ez esetben elsősorban hatékonyságnövelésről van szó.

Ami folyamatban van, az az olefin üzem bővítése. A TVK olefingyártó kapacitása 2004-ben nemcsak 70 %-kal növekszik – 370 kt-ról 620 kt-ra –, hanem alapanyagként könnyű szénhidrogéneket, vegyipari benzint és gázolajat jelentősen megnövekedett rugalmassággal lesz képes feldolgozni.

A HDPE projekt egy 200 kt-s üzem létrehozását jelenti, aminek a jelentősége tulajdonképpen az, hogy egy olyan bimodális termék gyártása kezdődik meg Magyarországon, amely minőségét tekintve egyedülálló ebben a régióban.

A TVK Rt. projektje az egész magyar vegyiparra hatással van. A MOL Csoport mintegy 1,8 millió tonna alapanyaggal fogja ellátni a TVK Rt.-t. Ahhoz, hogy ez az alapanyag-ellátás biztonságos legyen, a MOL Rt.-n belül a százhalmabbattai finomítóban az elsődleges benzinfeldolgozási technológia átalakítására került sor. Az átalakítás már nagyobb rugalmasságot biztosít a MOL Rt. számára a piaci igények kielégítésére, másrészt megteremtődött a lehetőség arra, hogy az alapanyagot hidrogénezve tudja szállítani a TVK Rt. számára. Ennek kettős jelentősége van. Egyrészt az olefinmű bizonyos termékeinek minősége javulni fog, másrészről ez európai uniós csatlakozás szempontjából is fontos, hogy a TVK Rt. környezetvédelmi helyzetét számottevően javítja.

A MOL Rt. a megváltoztatott finomítói benzinfeldolgozási technológiájára és a TVK Rt. növekvő volumenű társtermékeire alapítva és figyelemmel a 2005-ös motorhajtóanyag előírás-

sokra, módosítja aromásgyártását is. Ez azt is jelenti, hogy a MOL Rt. képes lesz arra, hogy a BorsodChem Rt.-nek a TDI gyártáshoz szükséges toluolt jó minőségben és hosszú távon is tudja szállítani. Emellett a MOL Csoport képes lenne a BorsodChem Csoport anilinyártáshoz szükséges benzoligény kielégítésében is kulcsszerepet játszani.

A MOL Csoport egy alapfontosságú anyagot biztosít a Nitrokémia 2000 Rt. számára is, hiszen az ortoxilol a ftálsavanhidrid gyártás alapanyaga. Ezzel az átalakítással a Nitrokémia 2000 Rt. ortoxilol igénye a jövőben is kielégíthető lesz.

A TVK Rt. fejlesztésének magán a gyáron kívül a leglátványosabb hatása kétségtelenül a BorsodChem-re van. A PVC-gyártás teljes átférmálásához, a VCM kapacitás szintén 2004-re tervezett megnöveléséhez – egyebek mellett – a kb. másfélszeresére megnövelt szállítási mennyiségeket tartalmazó, hosszú távú, csővezetéki etilénzállításról szóló szerződés teremtette meg az alapot.

2005 végére a BorsodChem MDI-kapacitása eléri majd a 120 kt-t, és addigra a cég tervei szerint a lágy habok alapanyagát gyártó TDI kapacitás is 80 kt-ra nő.

A BorsodChem 2005 végén várhatóan 200 ezer tonna izocianát-kapacitással fog rendelkezni, és ez garancia a Társaság jövőbeni kiegyensúlyozott gazdálkodására.

A közeljövő fejlődési kilátásai

A világgazdasági előrejelzések 2004-ben a konjunktúrahelyzet javulásával számolnak. A gazdasági növekedést az eurózónában 1,5-2%-ra (Németországban 1-1,5%-ra) prognosztizálják. A kedvező külső kilátások hatására a gazdasági elemzők a hazai GDP 3,5-3,7%-os növekedését várják. A magyar vegyipar kilátásai is reménykeltők, a termelés bővülése (várhatóan 3-5%) jelentősen meghaladja a 2003. évi szintet.

(Folyó áron, milliárd Ft)

TEÁOR kód	A szektor megnevezése	Évek		
		2001	2002	2003
23	Kőolajfeldolgozás	572	502	499
24	Vegyí anyag és termékgyártás	775	790	880
25	Műanyagfeldolgozás és gumigyártás	420	452	471
23-25	Vegyipar	1 767	1 744	1 850

*A vegyipar és fő szektorai termelésének alakulása
2001; 2002; 2003 (Forrás: MAVESZ)*

(Összehasonlító áron, %)

	Megnevezés	Termelés	Belföldi	Export	Összes
			értékesítés		
		2003/2002 volumenindex			
23	Kőolajfeldolgozás	91,2	91,8	92,7	92,0
24	Vegyí anyag és termék	107,6	98,6	112,3	106,0
	Ipari gázgyártás	97,4	98,4	75,0	97,1
	Szervetlen vegyia. gy.	103,6	97,9	107,0	102,9
	Szerves vegyia.gy.	87,6	79,8	97,7	91,3
	Műtrágyagyártás	93,6	98,4	117,1	102,0
	Műanyag alapa.gy.	96,7	97,3	98,1	97,8
	Mg-i vagyí termék	127,9	107,8	135,8	122,4
	Festék, lakk	95,5	94,5	105,5	95,3
	Gyógyszergyártás	121,5	97,3	125,3	115,2
	Tisztító és testápoló	114,2	106,6	126,7	115,4
	Egyébb vegyítermékek	115,2	116,2	110,0	114,5
	Vegyí szál gy.	80,4	86,9	74,8	78,2
25	Gumi és műa. termék	103,1	105,7	99,7	102,5
	Gumi termék	98,3	85,5	101,6	98,2
	Műanyag termék	104,5	108,0	98,8	103,8
23-25	Vegyipar	101,6	97,3	105,2	100,9

*A vegyipar 2003-as termelésének és értékesítésének alakulása az előző évhez viszonyítva
(Forrás: KSH)*

összehasonlító áron (%)

Évek	Előző év azonos időszaka =100	1990 = 100
1999	92,8	76,8
2000	106,7	81,9
2001	100,5	82,3
2002	103,7	85,3
2003	101,6	86,7

*A vegyipari termelés dinamikája az elmúlt 5 évben (TEÁOR 23, 24, 25 együtt)
(Forrás: KSH)*

AI- és szakágazatok	%
23. Kőolajfeldolgozás és kokszyártás	27,0
24. Vegyi alapanyag és termék	47,5
Ebből: Ipari gázgyártás	1,9
Színezékek, pigmentek	0,3
Szerves – szervetlen alapanyagok	2,6
Műtrágyák	1,3
Műanyagok	14,0
Növényvédőszer	0,6
Festékek	1,6
Gyógyszeripar	19,3
Tisztítószer, kozmetikai ipar	4,6
Egyéb vegyipar	0,7
Vegyi szálak gyártása	0,6
25. Műanyagfeldolgozás és gumigyártás	25,5
Ebből: Műanyag késztermék	19,9
Gumigyártás	5,6
Vegyipar összesen:	100,0

KSH szakágazati besorolás szerint

A vegyipar szakmai szerkezete a 2003. évi folyóáras termelési érték alapján

Millió USD

Vegyi anyagok és vegyi termékek	1999	2000	2001	2002	2003
Export	2399	2856	3137	3515	3748
Import	4418	4675	4767	5474	6869
Egyenleg	-2019	-1819	-1630	-1959	-3121

Vegyi anyagok és vegyi termékek külkereskedelmi forgalmának alakulása 1999-2003
(Forrás: Kopint-Datorg Rt.)

%

Reláció	Export	Import
	2003	2003
EU	45,0	67,6
EFTA	3,2	3,4
Egyéb fejlett	10,0	7,5
CEFTA	21,0	10,5
FÁK	10,0	5,7
Fejlődő	2,8	2,7
Egyéb	8,0	2,6
Összesen	100	100

*A vegyi anyag és vegyi termék külkereskedelmi forgalom 2003. évi relációs megoszlása
(Forrás: Kopint-Datorg Rt.)*

Megnevezés		Foglalkoztatottak száma (fő)		
		Fizikai	Szellemi	Összesen
23	Koksz, kőolaj-feldolgozás	4 242	3 971	8 213
24	Vegyi anyag és termék gyártása	19 385	13 558	32 943
25	Gumi és műanyag termék	28 088	7 371	35 459
23-25	Vegyipar	51 715	24 900	76 615

Foglalkoztatottság a vegyiparban (5 fő feletti vállalkozások) (Forrás:KSH)

Megnevezés		Bruttó átlagkereset (Ft/fő/hó)		
		Fizikai	Szellemi	Összesen
23	Koksz, kőolaj-feldolgozás	203 328	466 900	330 525
24	Vegyi anyag és termék gyártása	140 258	272 055	194 639
25	Gumi és műanyag termék	102 982	229 587	129 661
23-25	Vegyipar	125 567	290 998	179 828

Bruttó átlagkeresetek alakulása a vegyiparban (5 fő feletti vállalkozások) (Forrás:KSH)

folyló áron, milliárt Ft

TEÁOR kód	A szektor megnevezése	Évek		
		2001	2002	2003
23	Kőolajfeldolgozás	32	37	66
24	Vegyi anyag és termék gyártása	84	83	130
25	Műanyagfeldolgozás és gumigyártás	35	36	42
23-25	Vegyipar	151	156	238

Vegyipari berubázások (Forrás: MAVESZ)

Dr. Papp Sándor

Biogeokémiai körfolyamatok, a karboniumciklus

1. Bevezetés

A természeti környezetben a kémiai elemek és a belőlük képződött vegyületek biotikus és abiotikus partnerrel egyaránt kölcsönhatásba léphetnek. Noha viselkedésüket a környezetben is az ismert fizikai és kémiai alaptörvények szabják meg, a sokféle átalakulási lehetőség és környezeti tényező, valamint a tág határok között változó koncentrációértékek miatt ezek a folyamatok sokkal nehezebben áttekinthetők, mint azok, amelyeket laboratóriumokban vagy kémiai technológiai rendszerekben hajtunk végre.

A vegyületek az ökológiai rendszerekben transzport-, eloszlási, megoszlási és akkumulációs folyamatokban vesznek részt, kémiai, fotokémiai és biológiai reakciók során alakulnak át. Minthogy az ökológiai rendszerek nyitottak, az egyensúlyi állapot esetükben csupán többé-kevésbé közelíthető meg. A természeti rendszerek viselkedésének leírása során ezért a következő egyszerűsítő feltételeket kell bevezetnünk:

- azok a reakciók, amelyek a kiszemelt komponens tartózkodási idejéhez (turnover) képest nagyon gyorsan játszódnak le, egyensúlyra vezetnek;
- azok a reakciók pedig, amelyek a kiszemelt komponens tartózkodási idejéhez képest nagyon lassan játszódnak le, figyelmen kívül hagyhatók.

Egy kémiai vegyület ökológiai viselkedésének leírásához a globális anyagmérleg megadása egyedül nem elégséges. Sokkal fontosabb, hogy az ökológiai rendszer mindenkorai feltételei

között lehetséges átalakulási és lebomlási mechanizmusokat megismerjük, ily módon a kiindulási anyagok, a köztitermékek és a végtermékek koncentrációjának időbeli változását felderíthessük. A szén biogeokémiai körforgásában pl. a szerves vegyületek milliói vesznek részt, amelyek közül néhány létfontosságú, míg mások extrém mérgező hatásúak. A nehézfémek a természeti környezetben jellegzetes viselkedést mutatnak, ami a konkrétan előforduló individuális kémiai részecskefajtától, s ily módon döntően a kémiai mikrokörnyezettől függ (speciation). Mivel termodinamikai okokból a teljes szegregálódás nem lehetséges, bármely vegyület – elméletileg – bármely környezeti szférában előfordulhat. Abban az esetben kritikus állapot jön létre, ha a koncentráció értéke eléri azt a határt, ami az ökológiai szempontból még nem jelentős hatás és a rendszer tartós megzavarása között húzódik.

2. A biogeokémiai körforgás alapjai

A kémiai elemek mennyisége a Földön megközelítőleg állandó. Azonban eloszlásuk az egyes régiókban (atmoszféra, hidroszféra, litoszféra, technoszféra, biológiai rendszerek), még inkább az egyes régiók között létrejövő anyagtranszport sebessége a természeti folyamatok és antropogén beavatkozás következtében rövid és hosszú távon egyaránt változik.

Egy elem biogeokémiai körforgása definíciószerűen a következőket jelenti: az adott elem milyen mennyiségben, koncentrációban és vegyület formájában van jelen az egyes előfordu-

lasi helyeken (rezervoár); milyen mértékű az egyes rezervoárok közötti anyagtranszport; melyek azok a kémiai, biológiai és fizikai (geológiai) mechanizmusok, amelyek az anyagtranszportot szabályozzák. A biogeokémiai körforgás bemutatja azokat a környezeti változásokat is, amelyeket a természeti vagy antropogén anyagtranszport hoz létre, és a természetben ezek hatására létrejövő szabályozó (kiegyenlítő) mechanizmusokat (feedback).

Az egyes elemek körforgását a kémiai reakciók összekapcsolják, s az emberi tevékenység többé-kevésbé valamennyit befolyásolja. Az emberi beavatkozás mértékét az ún. technofilitási index [1] segítségével jellemezhetjük, ami az adott elem antropogén úton mobilizált éves mennyiségét a Clarke-féle indexhez viszonyítja. (Az utóbbi az elem átlagos koncentrációját adja meg a földkéregben.)

Az elemek biogeokémiai körforgását meghatározó tényezőket a következőképpen csoportosíthatjuk;

Biológiai tényezők:

- az elem részaránya a biomassza átlagos összetételében,
- redoxisajáttsága a biológiai rendszerekben,
- a bioakkumuláció, illetve biomagnifikáció mértéke,
- az elem és vegyületeinek mérgező hatása.

Kémiai tényezők:

- az elem redoxisajáttsága az abiotikus környezetben,
- fotokémiai folyamatok lejátszódásának lehetősége,
- hidrolízisfolyamatok lejátszódásának mértéke,
- a vegyületek stabilitása és képződési feltételei,
- komplexképzési hajlam, disszociáció, illetve asszociáció vizes közegben,
- a meghatározó vegyületek adszorpció, illetve ioncsere képessége,
- a leggyakoribb vegyületek oldhatósága.

Fizikai tényezők:

- az elem gyakorisága a földkéregben,
- az elem és vegyületeinek illékonyasága,

- a különböző fázisok közötti megoszlás,
- a biológiai és az abiotikus rendszerekben lejátszódó anyagtranszport mértéke.

Technológiai tényezők:

- a globális fogyasztás, illetve az előállított mennyiség,
- a kitermelés, a gyártás és átalakítás technológiai jellemzői,
- az alkalmazás jellegzetes formái.

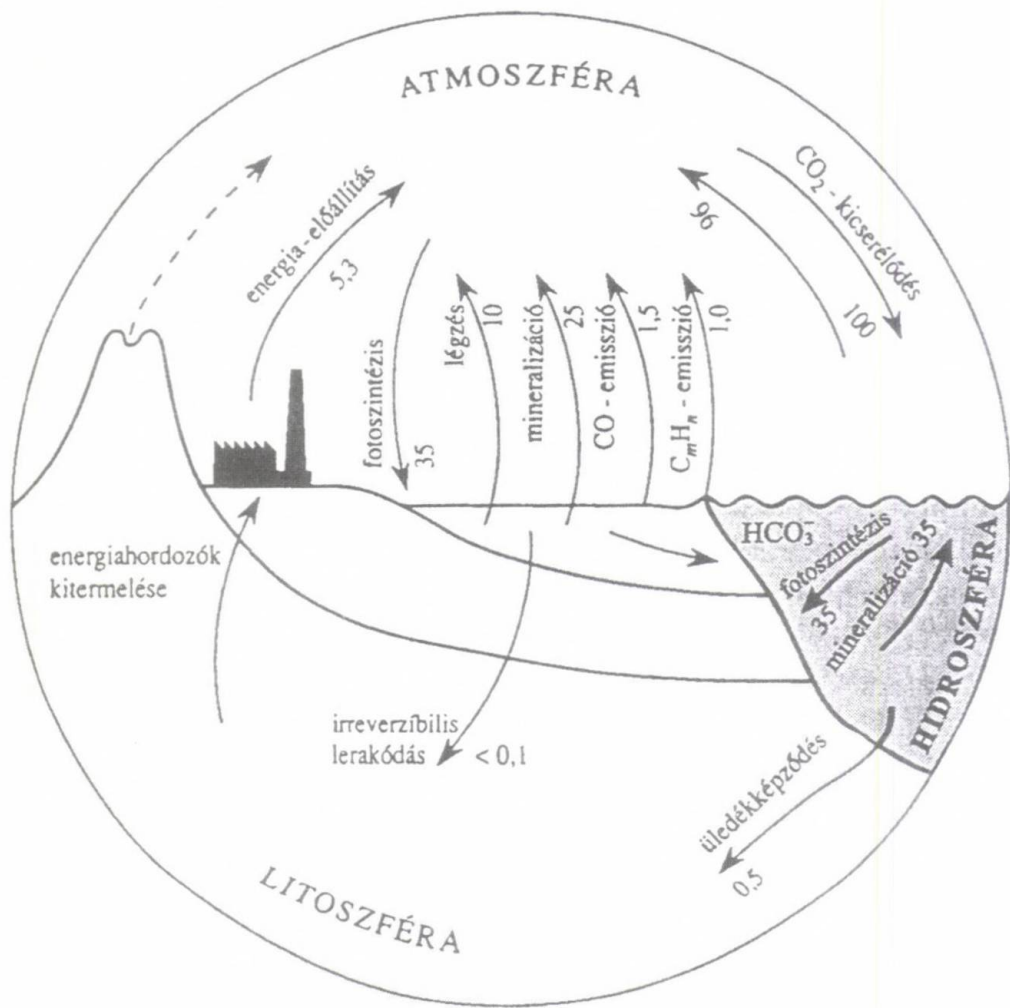
3. A szén biogeokémiai körforgása

A szén biogeokémiai körforgása a földi élet szempontjából jelentős anyagtranszportot és a hozzá kapcsolódó kémiai átalakulások egész sorát foglalja magában. A karbónium a bioszféra valamennyi dinamikus folyamatának résztvevője, továbbá a biomasszában lejátszódó képződési és bomlásfolyamatok révén körforgása szorosan kapcsolódik a többi biofil elem (H, O, N, S, P stb.) környezeti ciklusaihoz. A szén körforgásának meghatározó folyamatait a fázisátmenetek és a többlépcsős, gyakran biokémiai redoxireakciók jelentik [2, 3].

3.1 Anyagáramok és karbónium-rezervoárok

A globális karbónium-anyagáramokat az 1. ábra, az egyes rezervoárokból található karbónium-mennyiséget pedig az 1. táblázat mutatja be.

Az atmoszféra karbóniumtartalmának kerekén 99%-a CO_2 formájában van jelen, ami abszorpció és deszorpció folyamatok révén a hidroszférával, légzési, bomlási és égésfolyamatok (forrás), valamint a fotoszintézis (nyelő) révén a kondenzált szférák alacsony oxidációfokú szénatomot tartalmazó karbóniumtartalmával dinamikus egyensúlyban van. A szén-dioxid gáz, illetve hidratált formában az intenzív biológiai körfolyamat kulcsvegyülete. A hidroszférában HCO_3^- -ionok formájában jelenlévő karbóniummennyiség 60-szorosa az atmoszférában (CO_2) és mintegy 80-szorosa az élő organizmu-



1. ábra
A szén biokémiai körforgása (anyagáram: 103 Mt/év C)

Lelőhely	Mennyiség, Mt C	Tartózkodási idő, év
Litoszféra	$72 \cdot 10^9$	10^8
karbonátos kőzetek	$60 \cdot 10^9$	
szerves szénvegyületek	$12 \cdot 10^9$	
Hidroszféra (CO ₂ /HCO ₃ ⁻)	$38 \cdot 10^6$	300
Atmoszféra (CO ₂)	$0,7 \cdot 10^6$	4
Biomassza	$3 \cdot 10^6$	
élő biomassza (szárazföld)	$0,8 \cdot 10^6$	20
élő biomassza (óceánok)	$0,005 \cdot 10^6$	0,2
elhalt biomassza (szárazföld)	$1,2 \cdot 10^6$	30
elhalt biomassza (óceánok)	$1,0 \cdot 10^6$	30

1. táblázat
A Föld globális karbonium-lelőhelyei

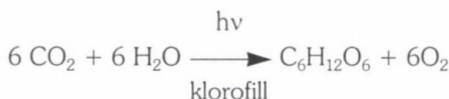
sokban található mennyiségnek. Az óceánok CO_2 -ot nyelnek el az atmoszférából, illetve széndioxidot juttatnak vissza oda; a két folyamat eredőjeként az óceánok mint nyelők viselkednek, és az antropogén eredetű CO_2 mintegy 50%-át abszorbeálják. A fotoszintézis révén évente mintegy $180 \cdot 10^3$ Mt biomassa képződik, és megközelítőleg ugyanennyi használdik el légzés és mineralizáció során. Az óceáni élő szervezetek rövid élettartamú mikroorganizmusokból állnak, amelyek karboniumtartalma elhalásuk után oldható szerves szénvegyületté alakul át. Kalcium-karbonát képződése és kiülepedése révén ebből jelentős mennyiség a tengerfenéken halmozódik fel. Az energiahordozók (ásványi szén, kőolaj, földgáz, olajpala, tőzeg stb.) valójában a fotoszintézis során kémiai energiává átalakított napenergiát testesítenek meg. A bennük tárolt karboniumot $8 \cdot 10^9$ Mt-ra becsülhetjük. Feltételezve, hogy technológiai-gazdasági szempontokat figyelembe véve ezen mennyiség 1%-a termelhető ki, a belőle származó energia $\sim 3 \cdot 10^{26}$ J, ami kevesebb, mint

amit a Nap egyetlen másodperc alatt kisugároz. Ez a tény sürgető felhívás lehet az alternatív energiaforrások intenzívebb kutatására.

3.2 A körforgás kémiája

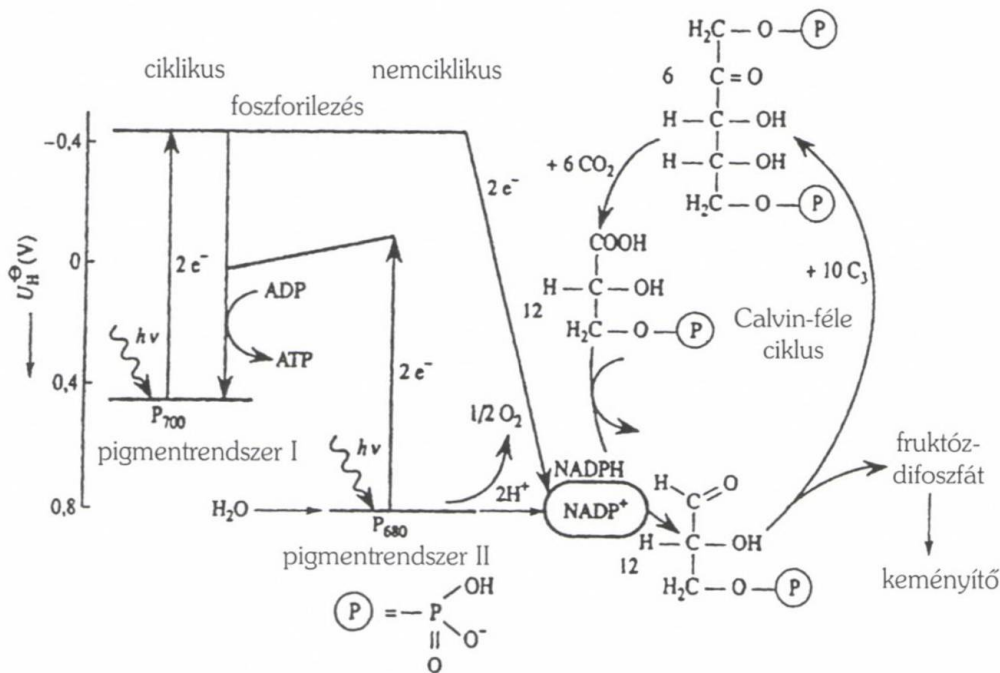
3.2.1 Fotoszintézis és a biomassa lebomlása

A növényi fotoszintézis mintegy 2 milliárd év óta kétségkívül a legjelentősebb biokémiai reakció a természeti környezetben. A reakció lényege az, hogy külső energia felhasználásával a szén-dioxid a vizet oxidálja, s e közben a sugárzó energia kémiai energiává alakul át. A bruttó egyenlet:



$$\Delta_R H^\circ = 2830 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Az egyenlet szerint a növényekben 1g karbonium megkötéséhez 39,3 kJ energia szükséges.



2. ábra

séges. Az ennek megfelelő globális energiaszükséglet $2,8 \cdot 10^{21} \text{ J a}^{-1}$, ami $\sim 0,05\%$ -a az atmoszféra határára érkező fényenergiának.

A fotoszintézis összetett reakciósorból áll, ami alapvetően három fő folyamatból tevődik össze [4]:

- ciklikus fotofoszforilezés,
- nemciklikus fotofoszforilezés (vízfotolízis),
- szén-dioxid – asszimiláció (Calvin-féle ciklus).

A folyamatot sematikusan a 2. ábra mutatja be. A két első reakciólépés (fotokémiai reakció) adott energiájú fénykvantumok abszorpcióját igényli, a szén-dioxid asszimilációhoz viszont fényenergia nem szükséges (sötétreakció). A fotokémiai reakcióhoz pigment-rendszerek (karotinoidok, fikobiliproteinek, klorofill) és elektronátvivők jelenléte nélkülözhetetlen. A fotoszintetikus reakcióban energiatároló adeno-

zin-trifoszfát (ATP^{3-}) és a CO_2 -asszimilációhoz szükséges elektrondonor NADPH (nikotinsav-amid-adenin-dinukleotidfoszfát) keletkezik; az abszorbeálódott fényenergia mintegy 1,2 V potenciálkülönbséggel szemben teszi lehetővé a ciklikus elektronátvitelt.

A szén-dioxid asszimiláció enzimkatalizált körfolyamat, amelynek első lépésében a CO_2 a ribulóz-1,5-difoszfáthoz kapcsolódik, majd az adduktum két molekula glicerinsav-3-foszfátra hasad szét. Az utóbbit azután az ATP foszforilezi, majd a NADPH glicerinaldehid-3-foszfáttá redukálja. A következő lépésben a glicerinaldehid-3-foszfát két molekulája hexóz-1,6-difoszfáttá alakul át, és a ciklusból kilép, a közttermék 10 molekulájából pedig a CO_2 -akceptor ribulóz-1,5-difoszfát 6 molekulája keletkezik. Ezzel a szén-dioxid-akceptor mintegy regenerálódik.

Folyamat/reakció	$U_H(\text{V})$	P_ξ
Aerob légzés $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	0,81	13,7
Denitrifikáció (nitrátlégzés) $\text{NO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons 0,5\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	0,75	12,7
Mangán-dioxid-redukció $\text{MnO}_{2(s)} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,46	7,8
Ammóniaképződés $\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8e^- \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0,36	6,1
Vas (III)-oxid-redukció $\text{FeO}(\text{OH})_{(s)} + 3\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,10	-1,7
Alkoholos erjedés $0,5\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 0,5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 0,5\text{H}_2\text{O}$	-0,18	-3,0
Deszulfurikáció (szulfátlégzés) $\text{SO}_4^{2-} + 9\text{H}^+ + 8e^- \rightleftharpoons \text{HS}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,22	-3,7
Metánképződés $\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8e^- \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,24	-4,1
Hidrogénképződés $2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	-0,41	-7,0
Glükózoxidáció $\text{CO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \frac{1}{6} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O}$	-0,425	-7,2

* reverzibilis reakció

2. táblázat

A biomassza oxidatív lebomlása – az elektronakceptorok redoxipontenciálja
(25 °C, pH = 7, standard állapot)

A vázolt C₃-típus mellett a fotoszintézis C₄-típusa is ismeretes, ahol a köztermék oxálcetsav, továbbá ún. C₃-C₄-típust is leírtak.

Oxidáló körülmények között valamennyi szerves vegyület a környezetben a szén-dioxid-dá történő átalakulást tekintve termodinamikailag instabilis. Heterotróf mikroorganizmusok képesek a szénvegyületek lebontására, és pedig asszimilatív (tápanyagfelvétel) valamint disszimilatív (légzés) folyamatban egyaránt. A teljes oxidációra vonatkozó bruttó egyenlet:



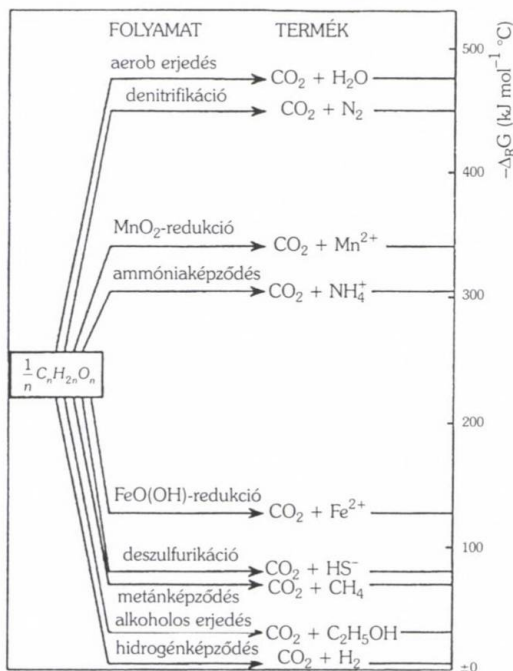
A folyamat hatóerejét a szerves szubsztrátum biokémiai lebontása adja, amely a heterotróf organizmusokban energianyerés céljából játszódik le. A reakció redoxipotenciálja a glükóz és szén-dioxid standard állapotára vonatkoztatva pH=7-nél $U_{\text{H}} = -0,425 \text{ V}$ ($p_{\text{e}} = -7,2$). Ennek megfelelően az oxidáció csak olyan elektronakceptorok jelenlétében megy végbe, amelyek pH = 7 esetében pozitívabb redoxipotenciállal rendelkeznek (2. táblázat). A reakció körülményeitől függően a szabaddá váló elektronok a különböző akceptormolekulák legalacsonyabb energiájú betöltetlen molekulaorbitáljaira (LUMO) kerülnek [5,6]. Az elektronakceptorok energia-kontrollált lépcsőzetes redukciója jellegzetes folyamat a hidroszférában és a pedoszférában lejátszódó biokémiai lebontási reakciókban. A legfontosabb oxidációs folyamat az aerob légzés (az elektronakceptor az oxigénmolekula), amelyet a redoxipotenciálok különbségének csökkenése és a pozitívabb $\Delta_{\text{R}}G$ értékek alapján az anaerob légzés különböző típusai és az erjedés követnek (3. ábra). Az anaerob légzés (nitrát-, illetve szulfátlégzés) során az oxigén csekély parciális nyomása miatt a szerves anionok (NO_3^- , SO_4^{2-}) oxidálóképessége kerül előtérbe. Az erjedés formálisan a biomassa diszproporcionálódását jelenti, minthogy ebben az esetben a szerves szubsztrátumok egyszerre elektronakceptorként, illetve -donorként szerepelnek. A mangán (IV)-oxid és a $\text{FeO}(\text{OH})$ redukciója

kémiai úton megy végbe; ennek a talaj kémiája szempontjából van jelentősége, minthogy a mangán- és vasvegyületek oldhatósága csökkenő oxidációfokkal növekedik.

A metánképződés (metanogenezis) és a hidrogénképződés ún. metanogén baktériumok működéséhez kapcsolódik, mivel a metán keletkezése csak acetátok hasítása vagy CO_2 hidrogénnel történő reakciója útján játszódhat le. Az átalakulás ui. a szén-dioxid és szerves vegyületek reakciójában nem megy végbe. A bevezető lépés ebben az esetben a hidrogén képződése acetogén baktériumok segítségével, azaz olyan endergonikus reakció, amely csupán exergonikus részlépéshez kapcsolódva teszi a metanogenezist termodinamikailag lehetővé.

3.2.2 Szénvegyületek a hidroszférában és a pedoszférában

A hidroszférában található valamennyi szerves anyag – függetlenül esetleges specifikus ká-



3. ábra

A biomassa lebomlásának moláris szabad reakcióentalpiái ($\Delta_{\text{R}}G$) (25°C, pH = 7)

rosító hatásától – potenciális oxigénfogyasztó-nak tekinthető, minthogy az atmoszférával egyensúlyban lévő élővíz redoxi viszonyai között termodinamikailag nem stabilis. Azonban oxidatív átalakulásuk, amely rendszerint mikrobiológiailag katalizált, oly mértékig gátolt lehet, hogy még ilyen körülmények között is jelentős perzisztenciát mutathatnak.

A természetben előforduló legtöbb szerves szénvegyület lebontása a mikroorganizmusok számára nem jelent akadályt, míg az antropogén eredetűek ebből a szempontból könnyen vagy nehezen lebontható kategóriába sorolhatók. Azonban degradáció foka nem csupán az illető szubsztrátum szerkezeti sajátosságaitól függ, hanem aktuális koncentrációjától is, mivel bizonyos kemikáliák adott koncentráció fölött a mikroorganizmusokat mérgezik.

A 3. táblázatban az élővizekben található szerves vegyületek különböző csoportjait állítottuk össze, jellegzetes képviselőik feltüntetésével.

Az alifás és cikloalifás szénhidrogének (ásványolaj-származékok) óceánokba bejutó éves mennyiségét ~6 Mt-ra becsülik. Ennek mindössze 10%-a természeti eredetű, a maradék szennyvizekből és folyókból jut a tengerekbe, illetve aeroszolkok lecsapódásából, valamint tankhajók öblítéséből és hajókatasztrófákból szár-

mazik. Az olajszennyezés hatására a víz felületén emulziós réteg képződik, amelyből szilárd és folyékony szénhidrogén-aggregátumok csapódnak ki. A víz-levegő határfelület hidrofóbbá válik, és az atmoszféra-hidroszféra gázcseréje korlátozódik (olajpestis). Az alkánok és cikloalkánok biológiai lebomlásának sebességét a szénlánc szerkezete határozza meg. Elágazás nélküli rövid, illetve közepes szénláncok mikroorganizmusok hatására gyorsan bomlanak; az elbomlás leggyakrabban az egyik terminális metilcsoport oxidációjával kezdődik, s végül karbonsavhoz vezet. Ezzel szemben az elágazó szénláncú szénhidrogének perzisztenciája az elágazás fokától függően jelentősen megnövekedhet [7].

A viszonylag kis molekulatömegű aromás szénhidrogének (C_6 - C_{10} -aromások) vízben való oldhatóságuk következtében ($100 - 1800 \text{ gm}^{-3}$ 20°C -on) a tengervízzel nagy távolságokra is eljuthatnak. A felszíni vizekben és az ivóvízben eddig több mint száz különböző benzolszármazékot azonosítottak. A mikroorganizmusok ezeket, a csak nagyobb koncentrációban fitotoxikus származékokat lebontják. Első lépésben dihidroxilezés játszódik le, amelyet gyűrűhasadási reakció követ. A folyamatban részt vevő enzim minőségétől függően ezután vagy orto-

Típus	Vegyület
szénhidrogének	ciklohexán, hexadekán, benzin-szénhidrogének; benzol, toluol, sztirol, benzo[α]pirén, krizén, naftalén
halogénezett szénhidrogének	kloroform, vinil-klorid, tetraklór-etén; hexaklór-ciklohexán, hexaklór-benzol, poliklórozott bifenilek
poliklór-dibenzo-dioxinok	2, 3, 7, 8-tetraklór-dibenzo-dioxin
szerves foszforvegyületek	tributil-foszfát
szerves nitrogénvegyületek	akril-amid, akrilnitril, o-nitro-toén
fémorganikus vegyületek	metil-higany-klorid
szerves kénvegyületek	metil-merkaptán
tenzidek	alkil-benzol-szulfonsavak
alkoholok és éterek	2-etil-hexanol, difenil-éter
aldehidek, ketonok, savak	formaldehid, aceton, benzoesav
fenolok	fenol, krezol
természetes anyagok	szénhidrátok, zsírok, aminosavak, fehérjék

3. táblázat

Szerves vegyületek a felszíni vizekben és a talajvízben

hasadás játszódik le és dikarbonsav keletkezik, vagy meta-hasítással hidroxil-, illetve oxosubsztituált karbonsavak jönnek létre. Ezek további átalakulása aldehidet és piroszölősavat eredményez.

Policiklusos aromás szénhidrogéneket (PAH) célirányosan igen kevés esetben állítanak elő, azonban mindig keletkeznek, ha szén- és hidrogéntartalmú anyagokat dehidrogénező körülmények között $>700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hevítünk. A környezetből (bioszférából) ezek a gyakran erős lipofil hatást mutató származékok főként fotokémiai oxidáció vagy mikrobiológiai átalakulás révén távoznak. Néhány képviselőjük bizonyítottan karcinogén hatása miatt kiemelt figyelmet érdemelnek [8].

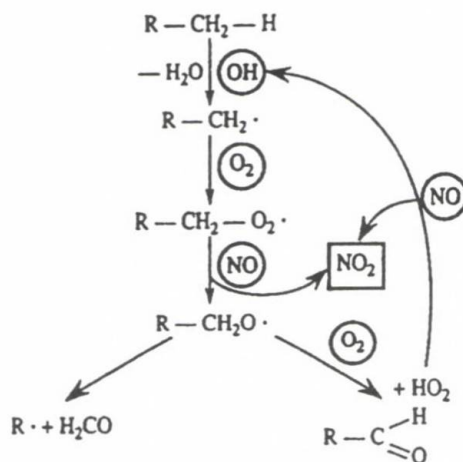
A kis molekulatömegű halogénezett szerves vegyületek (oldószerek) előállított mennyiségének több, mint 25%-a – illékonyaságuk miatt – a természeti környezetbe kerül. Lebomlásuk az atmoszférában elsősorban ózonnal és hidroxilgyökökkel lejátszódó, fotokémiai úton iniciált reakciókban megy végbe, a hidroszférában pedig hidrolízisük és mikrobiológiai lebontásuk meghatározó. A polihalogénezett bifenilek (szigetelő-, hűtőközeg, lágyító, hidraulikus folyadék) perzisztenciája jelentős, főként a zsírszövetekben halmozódnak fel, s koncentrációjuk a környezetben kimutathatóan emelkedik. Számos klórszubsztituált szerves vegyületet biocidként használnak, perzisztenciájuk a C-Cl kötések számának növekedésével egyre kifejezettebb.

A tenzidek számos ipari folyamatban és a háztartásban alkalmazást nyernek, évenként globálisan előállított mennyiségük mintegy 25 Mt. Szennyvízzel történő kijutásuk révén a víz felületi feszültségét csökkentik, továbbá habképződést idéznek elő, ami az élővilágot károsítja. Mikrobiológiai lebomlásuk a terminális metilcsoport oxidációjával kezdődik, s mineralizációjuk viszonylag gyors. A velük szemben támasztott hármas kritérium – mérgező-, illetve tenzidhatás, biológiai degradáció – alapján a szénlánc hosszúságára optimum állapítható meg (C_{10-14}).

A szénvegyületek biológiai rendszerekben történő átalakulásáról és degradációjáról ma már kiterjedt, ám részben ellentmondásos vizsgálati eredmények ismeretesek. Alapvető megállapítás, hogy az ökokémikáliák mikrobiológiai úton, köztitermékeken át szervesetlen végtermékké mineralizálódnak. Ehhez kapcsolódva, fontos ismernünk a szennyező anyagok és bomlástermékeik viselkedését a talajban. A degradáció köztitermékei ui. kémiai vagy fizikai úton a szerves, illetve a szervesetlen talajalkotókkal kölcsönhatásba léphetnek, s ily módon a további átalakulást elkerülhetik; másként fogalmazva, feldúsulnak, jelentős környezeti problémákat okozva.

3.2.3 Gázhalmazállapotú szénvegyületek reakciói a környezetben

Az atmoszférában a három leggyakoribb szénvegyület a CO_2 , a CH_4 és a CO . A teljes emisszióból az antropogén hányad (2, 16, illetve 21%) elsősorban lokális koncentráció változást idéz elő. Az emberiség növekvő energiaigénye mintegy 150 év óta együtt jár a CO_2 atmoszferikus koncentrációjának növekedésével (4. ábra). A növekedéshez jelentős mértékben hozzájárul a trópusi esőerdő-állomány

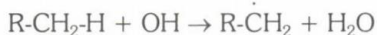


4. ábra
Az alkánok lebomlásának mechanizmusa a troposzférában

csökkenése is. A feltételezések szerint a növekedés megállítása csupán az energiatermelés szerkezetének teljes átalakításával lenne elérhető. Bár energiatakarékossági programok megvalósításával az éves kibocsátás szintje csökkenthető lenne, azonban az atmoszferikus CO_2 -koncentráció csökkenése hatékony környezeti nyelő hiányában mintegy 50 év múlva következne be. A szén-dioxid és más ún. melegház-gázok (CH_4 , N_2O , fluor-klór-metánok) koncentrációjának növekedése a klíma globális megváltozásának lehetőségét rejtje magában. (A változás antropogén összetevőjét ma már nem vitatják, mértéke és következményei azonban széles körben vita tárgyát képezik.) A klímaváltozás módosítaná az éghajlati övek határait és drámai változást hívna életre a globális vízháztartás tekintetében is. Helytálló következtetések levonásához nyilvánvalóan szükséges az óceánok, mint CO_2 -nyelők, a megváltozott fotoszintézis-mérleg és az energiatermelés struktúrája megváltozásának figyelembe vétele.

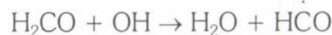
Az atmoszférában található szénhidrogének közül a metán az egyedüli, amelynek koncentrációja a ppm-tartományba esik. Az ún. „tisztá” levegőben eddig több, mint 500 szénhidrogént azonosítottak. Alkánok (mindenekelőtt etán) és alkének mellett acetilén és egyszerű aromások (benzol, toluol) is kimutathatók, amely utóbbiak nagy valószínűséggel antropogén eredetűek.

A nyomgázok koncentrációprofilja az atmoszférában a vertikális és horizontális keveredés, továbbá a kémiai, illetve a fotokémiai degradáció sebességétől függ. Kevés kivételtől eltekintve egy szénhidrogén tartózkodási ideje a troposzférában a $\tau = (k_{\text{OH}}N_{\text{OH}})^{-1}$ egyenletnek megfelelően az OH-gyökkel lejátszódó reakció sebességétől függ. Az OH-gyök koncentrációja a troposzférában $5 \cdot 10^5$ és $6 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$ között változik [9.]. Az átalakulás:



exoterm – $\Delta_R H^\ominus = (-60) - (110) \text{ kJ mol}^{-1}$ – és csekély aktiválási energiát igényel. Az alkilgyökök képződése egy reakciólánc sebességmeghatározó lé-

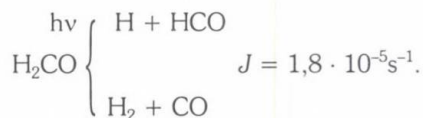
pése, amelyben O_2 - és NO- molekulák vesznek részt, ahol aldehidek képződnek. Köztiterméként alkilperoxi-gyökök képződik, ami NO-dal alkoxi-gyökké redukálódik. A metánból kiinduló átalakulás formaldehidet eredményez (Koncentrációja a troposzférában: $N_{\text{CH}_2\text{O}} = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$). A formaldehid kémiai, illetve fotokémiai reakciója szén-monoxidot eredményez:



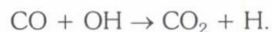
$$k = 9,4 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1},$$



A formaldehid az ultraibolya tartományban elnyelést mutat ($\lambda_{\text{max}} = 295 \text{ nm}$), viszont abszorpciója a láthatóban ($\lambda_{\text{max}} = 370 \text{ nm}$) igen gyenge:



A lehetséges szén-monoxid forrásokat figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a teljes emisszió mintegy 75%-a természeti eredetű. A troposféra stacionárius CO-koncentrációja az északi féltekén 0,1 ... 0,2 ppm, míg a délin 0,05 ... 0,08 ppm. Az ebből számolható tartózkodási idők (τ_{CO}) 0,1 ... 0,3 év, arra engednek következtetni, hogy hatékony átalakítást előidéző mechanizmussal számolhatunk:



Az atmoszferikus CO-szint mintegy fele a metánoxidációból származhat. A képződött hidrogénatomok a HO_2 -gyökök prekursorai lehetnek, s ily módon gyorsítják a NO_x -ózon-ciklust, ami azt jelenti, hogy 100 ppm körüli koncentrációban a CO szerepet játszik a fotokémiai füstköd kialakulásában [10].

3.3 A szén körforgásának antropogén módosítása

Az emberi tevékenység során az egyszerű szénvegyületek (CO_2 , CO, CH_4) globális mobilizációja mellett sor kerülhet a lokális vagy regionális karbónium-transzportra, illetve az

anyagáramot meghatározó biokémiai mechanizmusok módosítására is. A különféle vegyipari technológiák révén előállított szerves vegyületek (polimerek, üzemanyagok, kenőanyagok, lakkok és színezékek, gyógyszerek, peszticidek stb.) alkalmazása együtt járhat a különböző szinteken (sejt, organizmus, populáció, életközösség, ökológiai rendszer, bioszféra) megnyilvánuló igen jelentős ökológiai hatással. A fosszilis tüzelőanyagok hatalmas mennyiségeinek nyersanyagként, illetve energiahordozóként történő felhasználása annyiban különbözik egymástól, hogy az energetikai felhasználás során a maximális energianyerés miatt a +4 oxidációfokú szénvegyületté történő átalakulást előzményezik, míg a nyersanyagként történő alkalmazásnak ez nem célja. A készleteket és a technológiai lehetőségeket tekintve kétségkívül igaz, hogy a fosszilis tüzelőanyagok használatán alapuló antropogén energia-előállítás történetileg rövid epizódot jelent (kőolajcivilizáció) [11,12].

A karbonium biogeokémiai körforgásának „kémiai módosítása” és az abból származó következmények felmérése megkívánja, hogy a természeti környezetbe jutó antropogén anyagok és komplex anyag-rendszerek viselkedését a „globális laboratóriumban” minél pontosabban megismerjük. Ehhez a következő szempontok figyelembe vétele szükséges:

- (1) az anyagátalakító technológiák működése során milyen környezetszennyező anyagok keletkeznek, ezek mennyisége technológiai módosítás révén hogyan változik;
- (2) a szénvegyületek környezeti hatásának feltárása, modellezése (toxicitás, veszélyességi kritériumok), és a környezet hatása a szénvegyületek transzport-, eloszlási-, átalakulási- és lebomlási folyamataira;
- (3) hulladékszegény és hulladékmentes technológiák kidolgozása;
- (4) biotechnológiák kidolgozása, amelyek a perzisztens ökokémikáliák lebontására is alkalmasak (szennyvíz- és hulladékkezelés).

Az elmondottakkal kapcsolatos jelentős haladás ellenére ismereteink a problémák teljeskörű megoldását tekintve meglehetősen hiányosak. Minthogy a technológiai és a fogyasztási hulladékok általában is potenciális másodnyersanyagnak tekinthetők, a kezelésmód (visszaforratás, dúsítás, detoxifikálás, kémiai átalakítás vagy csupán valamilyen elhelyezés) kiválasztásához a tudományos-technológiai, a gazdasági és ökológiai szempontok szigorú egyeztetése szükséges.

Irodalom

- [1] Nikiforova, E. M., Smirnova, R. S.: Metal Technophily and Lead Technogenic Anomalies, Toronto: Abstr. Int. Konf. Heavy Metals in the Environment, 1975.
- [2] Holmén, K.: The Global Carbon Cycle, in: Global Biogeochemical Cycles (ed. Butcher, S. S. et al.), Academic Press Limited, London, ..., 1992.
- [3] Kümmel R., Papp, S.: Zur Chemie des biogeochemischen Kohlenstoffkreislaufs und seiner anthropogenen Beeinflussung, Wiss. Zeitschrift TH Leuna-Merseburg, 30 (1988) 1, S. 12-28.
- [4] Schlee, D.: Ökologische Biochemie, Jena, Gustav Fischer Verlag, 1986.
- [5] Stumm, W., Morgan, J.J.: Aquatic Chemistry, John Wiley and Sons, New York ..., 1981.
- [6] Hanselmann, K., W.: Chimia 40 (1986) 146.
- [7] Fritsche, W.: Umwelt-Mikrobiologie, Berlin, Akademie-Verlag, 1985.
- [8] Lowe, J. P., Silverman, B.D.: Acc. Chem. Res., 17 (1984) 332.
- [9] Khalil, M.A.K., Rasmussen, R.A.: Chemosphere 13 (1984) 789.
- [10] Papp S.: Biogeokémia, 276 o., Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002.
- [11] Charlson, R. J., Orians G. H., Wolfe, G. V., Butcher, S. S.: Human Modification of Global Biogeochemical Cycles (ed. Butcher, S. S. et al.), Academic Press Limited, London, ..., 1992.
- [12] Winter, C. J., Nitsch, J. (Hrsg.): Wasserstoff als Energieträger – Technik, Systeme, Wirtschaft, Berlin, Springer-Verlag, 1986.

Dr. Szalay Tibor

Millner Tivadar¹ (1899-1988)

„... A magyar volfrámkutatás mindig nagy fontosságot tulajdonított a volfrámgyártási folyamat kémiai eseményeinek...”

Millner Tivadar 1899. március 7-én született Pécsen. Itt járt iskolába is. Ennek nyomán jeles érettségi bizonyítvánnyal iratkozhatott be 1917-ben a budapesti Királyi József Műegyetemre, ahol 1923-ban szerezte meg kitűnő minősítésű vegyészmérnöki oklevélét. Kitüntetéssel doktorált 1948-ban.

1924. augusztus 31-ig „megválasztott tanársegédként” dolgozott a Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetem (mai ELTE) Radiológiai Intézetében Weszelszky Gyula egyetemi magántanár mellett. 1924. szeptember 1-jén lépett (először) a TUNGSRAM Rt.² szolgálatába.

1925-26-ban újra egyetemi tanársegéd, ám végül elkötelezi magát az iparnak, de mint látni fogjuk, még sem teljesen csak annak, mert pályafutásának talán legfőbb jellemzője, hogy benne **az alap- és az alkalmazott kutatás elválaszthatatlanul forrt egységbe**. Professzorként ismerték és tisztelték világszerte. Ennek fényes bizonyítékai: 1954-ben az MTA levelező – és 1961-ben rendes tagja lett, a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem pedig 1963-ban címzetes egyetemi tanárnak választotta meg. Átfogó természettudományos ismereteivel gazdagította az MTA Szilárdtest-fizikai Komplex Bizottságának a munkáját is.

Egész szakmai tevékenysége a TUNGSRAM – illetve az ezzel azonos Egyesült Izzólámpa- és Villamossági – Rt.-hez köti³. Ennek kutatóosztálya azonban előbb (1950-ben) a Távközlési Ku-

¹ L. Az Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár (OMIKK) **A Magyar Tudomány és Technika Nagyjai** c. CD-ROM sorozatának 2. tagja : **Millner Tivadar**. Sorozatszerk. Rudnay Gy., főszerk. Füstöss L. ISSN: 1586-7609 és ISBN: 963 593 239-1

² Ez a fényforrásokat, elektroncsöveket, vákuumtechnikai gépeket gyártó vállalat 1896-ban alakult meg. 1906 és 1984 között Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (EIVRT) néven működött, és a TUNGSRAM (l. az angol **tungsten** és a német **Wolfram** szavak) márkanévet 1912 óta használják. [2, 3] A vállalat részvényeinek többségét 1989-ben megvásárolta a **General Electric Co.** (USA, l. még GE Lighting TUNGSRAM). [4]

³ Az EIVRT igazgatója, **Aschner Lipót** 1920. nov. 29-én felkérte **Pfeiffer Ignác** műegyetemi professzor kutató- kísérleti laboratórium vezetésére, aki ezt azonnal elvállalta. Az első nagy ipari kutatólaboratóriumot a General Electric Co. szervezte a világon. Hazánkban sokáig ez volt az egyetlen ipari kutatóhely. [5-7] Ekkorra olyan helyzet alakult ki, hogy az elektromos lámpagyártás fejlesztése csak igen magas tudományos színvonalú munkával volt lehetséges. Később a kriptonlámpa feltalálójaként világszerte ismertté vált Bródy Imréről elnevezett labornak számos neves munkatársa volt, pl. **Selényi Pál**, **Bródy Imre**, **Szigeti György** (**Bay Zoltánt** követően ő vette át a „Kutató” vezetését és 1958-ban lett az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézete /MFKI/ néven önállósult kutatólaboratórium első igazgatója), **Millner Tivadar** (igazgatóhelyettes és egyben a volfrámlabor vezetője), továbbá

tatóintézethez, később pedig (1953-ban) a Híradástechnikai Kutatóintézethez kerül, miközben tartalmilag változatlanul és megszakítás nélkül folytatja kutató-fejlesztő (KF) munkáját. Az újabb (és számára már végleges) formai változás az, hogy az előbbieket „folytatásaként”, 1958-ban megalakul az *MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézete* (MFKI)⁴, és nyugdíjazásáig lesz ennek igazgatóhelyettese és a volfrám-kutatási osztály vezetője. Kezdeményezésére 1969-ben nyugdíjas állományba kerül, de változatlan szívóssággal és következetességgel továbbra is részt vesz az Intézet munkájában. Tanácsaival, életének csaknem utolsó napjáig (1988. okt. 28.) segíti tanítványait és munkatársait. Ezek egyike, *Prohászka János* akadémikus egyetemi tanár, így méltatja [1]:

„M. T. halálával vége szakadt egy hosszú, minden részletében teljes életnek. Teljes volt családi élete, körülvették szakmai tudását elismerő, lelkes munkatársak és tanítványok, gyakran örülhetett eredményeinek, melyek közül sokat a hazai és a nemzetközi tudományos és ipari körök is elismertek. Utolsó tagja volt annak a nagyszerű szakmai közösségnek, mely világra szóló tudományos és műszaki alkotásaival a Tungsram magyarországi gyára, és benne az első hazai műszaki-tudományos kutatóintézet számára, először az izzólámpa, majd később más fényforrások és az elektroncsövek gyártásával, a világ vezető vállalatai között biztosított helyet. Távozásával nagy veszteség érte a magyar egyetemes és műszaki tudományt.”

Munkássága elismeréseként 1954-ben előbb **Kossuth**-, majd 1970-ben **Állami-díj**-

ban részesül, és közben elnyeri a **Munka Érdemrend** különböző fokozatait is. 1981-ben **Plansee Plakett**tel díjazza a Nemzetközi Porkohászati Unió, aminek átadására a nagy nemzetközi hírnévnek örvendő PLANSEE SEMINAR 10. ülésén került sor. *René Meyer* (az International Plansee-Society for Powder Metallurgy 1977 és 1981 között soros elnöke) részletezi a díjazás okát, miközben összefoglalja a díjazott hosszú és tartalmas pályafutása során nyújtott, sokrétű és szerteágazó, valóban gazdag tevékenységét [8]:

Az ifjú vegyész-mérnök 1924-ben kezdi KF-tevékenységét az *iparban*, amikor is a TUNGSRAM szolgálatába lépett. Ekkor tájban (is és már) az izzólámpa-gyártás számos megoldatlan technológiai problémával küszködött, amelyek joggal és intenzíven foglalkoztatták az érdekelteket. Következésképpen (utólag már) nyilvánvaló, hogy M. T. is igen nagy aktivitással, megszállottként kapcsolódott be az ott folyó munkába.

Helyesnek bizonyult a magyar lámpaipar fejlesztési nyomvonalainak ekkor történt megválasztása, kidolgozása és körvonalazása, aminek következtében az iparág kiteljesedett és sikeres lett⁵. A kezdeti körülmények szerencsés összhangba kerültek M. T. tudományos törekvéseivel, de nem kevésbé a fizika és a kémia terén szerzett felkészültségével, illetve a természettudományok egésze iránt érzett elkötelezettségével, jellegzetes nyitottságával, vagyis a befogadó és meglátó-ráérző készségével, melynek nyomán mindenekelőtt a volfrámszálas izzólámpa-gyártás megteremtése, folytonos fejlesztése jelentette és határozta meg számára a sikeressé vált jövőt. Miközben ténylegesen ő tette

Czukor Károly, Tarján Imre, Theisz Emil, Tury Pál, Pataki Imre, Winter Ernő, Márton László, Rostás Ernő, Magó Kálmán, Lakatos György, Papp György, Sasvári Kálmán, Valkó Iván Péter, Bodó Zsolt, Makai Endre, Nagy Elemér stb. [7]

⁴ A legújabb átszervezés és összevonás után most MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet.

⁵ A hetvenes és a nyolcvanas években az EIVRT, illetve TUNGSRAM kb. 4 % részesedéssel vett részt az elektromos fényforrások világkereskedelmében.

(számos kiváló munkatársával) a legfontosabb felfedezéseket a non-sag (= nem-belógó)⁶ volfrámizzószál gyártásával összefüggően, mindezenekelőtt a kiindulási alapanyagul szolgáló, „volfrám-oxidok” adagolása (= dőpolása)⁷ vonatkozásában. Miközben felfedezéseivel nemcsak az ipar felvirágzásához járult hozzá, hanem a *fémfizika, a kémia, a kohászat* és (a később önállósodó) *anyagtudomány ismereteinek* a gazdagításához is. (Érdemes megjegyezni, hogy ennek az **integrált tudomány**nak a létrejötteléhez nem kis mértékben járult hozzá Ő is.)

A szép és nagy ívű pályafutás során kifejtett munkássága két alapvető fontosságú területen is felmutat finomságokat, lényegét láttató részleteket, hiszen szinte folytatólagosan találta meg és mindig jó érzékkel lépett, „érezte rá” az előrevivő útra:

– Ösztöne folyton a **kémiai ismeretek alkalmazására** ösztökölte, mégpedig többnyire a minél jobb elektromos fényforrások előállítása céljából. Vegyészmérnöki felkészültsége és logikája terelte folyvást ebbe az irányba, ez befolyásolta, határozta meg tudatos és (olykor talán még) ösztönös döntéseit is. Következetessége és szívóssága mindvégig itt is tartotta, „rabul ejtette”.

– Biztos ösztöne vezérelte abban is, hogy **tudományos alapon értelmezze** a fizikai, kémiai és metallurgiai (kohászati) jelenségek sokaságát, melyekre az izzószálak tökéletesítése

során figyelt fel, és ennek során fedezett fel. Miközben kényszerűt érzett arra is, hogy alapkutatással is foglalkozzon, ismerje fel ezen a téren is az újat, meglátásaival gazdagítsa az alaptudományokat. Fáradhatatlan törekvéssel és csálhatatlan ösztönével folyamatosan bővítette tehát mind a tudományos, mind a technikai és technológiai ismereteket.

A volfrámlámpával kapcsolatos munkáját kiterjesztette és az izzószálat övező gáz-atmoszférára, annak összetételére, és mindenekelőtt a *vízgőznek* a volfrámtranszportban betöltött szerepére koncentráta⁸: Az ún. *oxigén ciklus* tökéletesítésére (már) 1928-ban javasolta az SiF_4 és a HgI_2 összetételű halogenid-getterek használatát. Korán felismerte a „volfrámadalékok” (= idegenanyag-nyomok) szerepét és jelentőségét. Azt vélelmezte, hogy ezek a kis mennyiségben jelenlévő anyagok elősegítik az ún. *nagykristályos szerkezet* kialakulását, aminek következtében **non-sag tulajdonságot vesz fel a fém**. Az így gyártott volfrám előnyét világszerte el- és felismerték 1931-ben. (L. vonatkozó szabadalmak az itt is kiemelt közlemények között.)

A nagy áttörés után a volfrámgyártás egésze előtérbe került, miközben a fém magas-hőmérsékleti tulajdonságait és viselkedését is tanulmányozni kezdték. Ez a koncentráció újabb felfedezésekre vezetett: pl. a volfrám-oxidok hidrogénes redukciója, a keletkező volfrámpor

⁶ A nagytisztaságú és polikristályos volfrámszálakban, az izzólámpa világítási (=izzási) hőmérsékletén (2500°C körül) a kristályok egymás mellett, a határok mentén elcsúsznak. Az ilyen izzólámpákban látható, jól megfigyelhető volt, hogy felfüggesztési helyei között a szál (később már spirál) lehajlott, „belógott”. [9]

⁷ Az olykor „tudatos szennyezésnek” mondott, valójában adott anyagok (különböző fémek, beton stb.) tulajdonságainak a javítására szolgáló, sokszor csak „nyomnyi mennyiségű” anyagok bevitelét (a sajnálatosan más okból jól ismert, angol **dopping** szóból eredően), nevezzük dőpolásnak.

⁸ A harmincas években még lehetett látni és megfigyelni olyan „égőket”, amelyeknek üvegburái, használat közben és időről-időre egyre „feketedtek”, elhomályosultak.

tömörítése, szabályozott elektromos szinterelése (zsugorítása), aminek következtében egyenletessé válik a hatóanyagok eloszlása, és értelem-szerűen, ennek következtében, maga a fém is homogénne válik.

Az előbbiekkal párhuzamosan jelentős kísérleti programot vázol fel és dolgoz ki annak tisztázására, illetve értelmezésére, hogy miért következik be dróthúzás közben deformáció és átkristályosodás. Mi lehet a másodlagos kristályosodás mechanizmusa? A feltárt ismeretek nyomán aztán pontos gyártási ciklust tudtak előírni. Ennek révén sikerült állandósítani a gyártott szálak mikro-szerkezetét, és ezzel stabilizálni a gyártási minőséget, miáltal többek között jobb lett a huzalok csúszási szilárdsága.

Vezetésével tovább folytatatták a dópanyagok tanulmányozását, hiszen azok sajátos viselkedésének megértése és értelmezése akkor még közel sem volt teljes. E munka során újabb aktív elemeket fedeztek fel, úm. a *talliumot*, a *galliumot* és a *berilliumot*, amelyek az ismert „adalék-hármaszt”, a káliumot, az alumíniumot és a szilíciumot hatásukban helyettesíteni tudták.

Érdeklődése előterébe most már nemcsak az izzószál, hanem az egész izzólámpa-gyártás bekerült. Az időközben egyre inkább ismertté vált további eredményekből és találmányokból kitűnik ugyanis, hogy a háttérben *kisülési lámpák* [6] fejlesztésével is foglalkoztak. (L. A fénycsövek korund- és foszfátalapú fluoreszkáló bevonatai.)

Összességében több mint 25 (ténylegesen 29) nemzetközi szabadalom tette ismertté, és „fémjelzi” Millner Tivadar nevét, ipari teljesítményét.

Pályafutása során mindvégig nagy figyelemmel kísérte az új tudományos eredményeket, azoknak nemcsak a megismerésére és megértésére, hanem alkalmazására is törekedett, sőt maga is gazdagította azok sorát. Nem lehet két-

séges, hogy elsősorban tudományos gondolkodási módja segítette hozzá a felfedezésekhez, ez határozta meg ipari tevékenységét is.

Elfogultság nélkül állathatjuk, hogy M. T. nagy területre kiterjedő munkásságát, mindegyik előtt **a kémia iránt érzett, jól tetten érhető és megfigyelhető elkötelezettsége jellemzi.** Ezzel kapcsolatban elég talán utalni a mottóul választott megállapításra: „... **a magyar volfrámkutatás mindig nagy fontosságot tulajdonított a volfrámgyártási folyamat kémiai eseményeinek...**” [10] Ezt bizonyítja az is, hogy világgraszoló eredményeit is az analitikai kémia segítségével, annak állandó fejlesztésével érte el. Így pl. a volfrám-dópolás tanulmányozását döntően az adalékanyagok helyének és koncentrációjának a meghatározására alapozta. Hasonló megfontolásokkal járult hozzá azokhoz a fejlesztésekhez, amelyekkel közvetlenül lehetett pl. a szálak mikro-szerkezetének kialakulását vizsgálni, konkrétan pedig a szennyezések (idegen anyagok) migrációját megfigyelni, az elemek (atomok) diffúzióját pedig meghatározni, mérni és „monitorozni”. [11] Munkatársaival jelentős eredményeket ért el olyan vizsgálati módszerek kidolgozásában is, amelyek során a volfrámhuzalok termo-elektromos emisszióját használták fel az újrakristályosodás tanulmányozására, továbbá egyszerű készüléket szerkesztettek a keményfémekben bekövetkező metallográfiai folyamatok elektrooptikai vizsgálatára.

Láthattuk tehát, hogy Millner professzor sok-sok évet áldozott az izzószálakban bekövetkező fizikai (mechanikai), kémiai és metallurgiai jelenségek beható vizsgálatára, hogy az eredményekből következtetéseket vonhasson le a dópanyagok hatásmechanizmusára, pontosabb és konkrétabb magyarázatot találjon az idegenanyag-nyomok következményeinek, a rosthatóroknak az izzószálak tulajdonságaira gyakorolt hatására vonatko-

zón, vagyis megvilágítsa: mi miért van, illetve mi, hogyan és miért következik be.

Ugyanilyen következetes szívóssággal és kémiai alapokon vizsgálta a volfrám-oxidok illékonyágát különböző összetételű gázatmoszférákban ugyanúgy, mint a (volfrám-trioxid = WO_3) hidrogénes redukciója közben keletkező) béta-volfrámot, mint „köztiterméket”, valamint ennek következményeit.

Vizsgálatai kiterjedtek az üvegek kémiai sajátosságainak és színeinek az értelmezésére is, hogy ilyen módon közelebb kerüljön a volfrám-dópolás mibenlétének a feltárásához.

Az ¹ lábjegyzetben megjelölt OMIKK CD-ROM kiadványban 147 közleménye, előadása stb. adatai szerepelnek, és mint érintettük, ezekből tudhatjuk vagy ismerhetjük meg, hogy – többek között – 29 nemzetközi szabadalom feltalálója, vagy társfeltalálója volt. Ezek jól tükrözik, részleteikben igazolják teremtő génuszát. Az idézett kiadványban megadott munkái közül csupán szemléltetésként emelünk ki néhányat, mégpedig a legfontosabbnak vélteket:

- A magyar izzólámpa-ipar szolgálatában. Millner Tivadar munkássága. (Szemelvénygyűjtemény, Bp. 1969. 356 p. /az OMIKK kiadványban ez a 77./75. sorszámú/.)
- Az üvegek szerkezete. A színes üvegek. TERMÉSZET VILÁGA 1972/10. 536-539 p. (99.)
- Személyes emlékek az izzólámpa-gyártás hazai kutatási-fejlesztési eredményeiről. TERMÉSZET VILÁGA 1979/11. 389-392 p. (103.)
- Gáztöltésű izzólámpa (Krypton gáztöltés WF6) 1929. An electric metal filament lamp containing a tungsten filament and a mixture of krypton, /xenon/ and nitrogen surrounding the filament. Hung. pat. (WF6) 102.488 Hung. pat. (WF6, Kr) 103.551. (Bejelentés:

1929. 12. 16.) USA pat. 2.060.659 (with E. Brody.) (119. P2.)

- Eljárás nagykristályos fémtestek előállítására (az ún. GK wolframfém), 1931. Hung. pat. 106.268. (Bej.: 1931. 02. 16, 120. P3.)
- Production of large crystal metal bodies. USA pat. 2.012.825 (with P. Tury). (Bejelentve /12 országban/: 1932. 02. 06, 121. P3/a.)

Forrásmunkák

- [1] Prohászka J.: Millner Tivadar (1899-1988) = Magyar Tudomány: 1989/9. 776-778 p.
- [2] Akadémiai Kislexikon. Akadémiai Kiadó, Bp. 1990. 2. (L-Z) kötet, 202 p.
- [3] Bartha L., Gaál I.: Izzószál-minőségű volfrám -a TUNGSRAM névadója-. = Fizikai Szemle: 1996/9. 300-308 p.
- [4] Zafirovski, M. S.: A TUNGSRAM-centenárium köszöntése. = Fizikai Szemle: 1996/9. 297-299 p.
- [5] Csányi I.: Szürkülettől a világosságig. Szemelvények az elektromos világítástechnika kémiai történetéből. = A Kémia Tanítása: 1996/1. 18-27 p.
- [6] Szalay T.: A „második tűzgyújtás”, avagy az elektromos fényforrások fejlesztésének diadalútja. = A Kémia Tanítása: 2001/4. 13-25 p.
- [7] Kedves F.: Újjáéledt a TUNGSRAM Kutatólabor. Bay Zoltán 90. születésnapjára. = Fizikai Szemle 1990/12. 360-361 p.
- [8] Proceedings of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol. 2. (Szerk. Ortner, H. M. Plansee GMBH, Reutte, Tirol, printed by Verlagsanstalt Tyrolia, Innsbruck, Austria.)
- [9] Millner T.: Idegenanyag-nyomok viselkedése wolframfémekben. (Akadémiai székfoglaló: 1967. dec. 17.) MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. 34, 55-106 (1964)
- [10] Millner T.: MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. 21, 127 (1957)
- [11] Bartha L., Szalay T.: The Diffusion of Thallium in Polycrystalline Tin. Int. J. Appl. Radiation and Isotopes 20, 825 (1969)

Sieger Gábor

Sulinet kémia

A Sulinet Program 1997-ben indult útjára Magyarországon a Művelődési és Köznevelési Minisztérium égisze alatt. Az akkoriban világszinten is egyedülálló projekt keretében több mint 2000 iskola és pedagógiai intézmény kapott internetes csatlakozást és egy multimédiás számítógépekkel felszerelt laboratóriumot. 1998-ban a Sulinet irányította azt a tartalomfejlesztési pályázatot, melynek eredményeként számos digitális tananyag készült el, közöttük kémiai témájúak is.

A 2002 őszén indult Sulinet Expressz Program egyik legfontosabb pillére a tartalomfejlesztés. A Sulinet Programiroda üzemelteti Magyarország legnagyobb és leglátogatottabb oktatási portálját, a Sulinet Oktatást (<http://oktatas.sulinet.hu>). Ez a portál a 2004. szeptember 1-én induló Sulinet Digitális Tudásbázis bejárata.

A Sulinet Oktatás portálon belül minden tantárgy és néhány műveltségterület képviselteti magát. Így a kémia iránt érdeklődő tanárok és diákok számára is nyújt a Sulinet érdekes, illetve

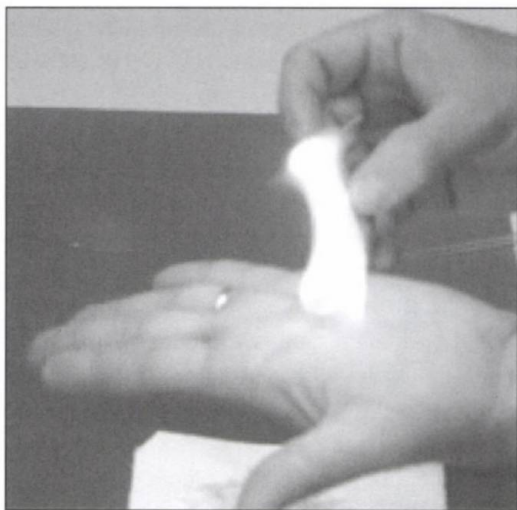
hasznos tartalmakat a <http://kemia.sulinet.hu/> címen.

A rovatban az iskolai tananyaghoz szorosan kapcsolódó cikkek, mini tananyagok jelennek meg, melyekhez számos esetben módszertani ajánlások, ötletek is tartoznak a kémiatanárok számára. A kémia legfőbb varázsa a kísérletezésben rejlik, ezért a Sulinet Kémia rendszeresen jelentkezik olyan anyagokkal, ahol vegyi trükkök, receptek vagy olyan kísérletek kerülnek bemutatásra, melyek akár otthon is elvégezhetők vagy valamely módszer újszerű bemutatását célozzák.

A Sulinet Kémia fontos feladatának tekinti a tudományos ismeretterjesztést, így rendszeresen találunk olyan cikkeket, információkat, melyeket az érdeklődő diákoknak, a kiselőadásra készülőknek és az újra nyitott tanárkollégáknak ajánlhatunk.

A megjelenő digitális tananyagok, cikkek szövege viszonylag rövid, a web sajátos műfájában, de sok képpel, rajzzal, esetenként videofelvételekkel és flash-animációkkal illusztráltak. Az írások témái tudatosan széles spektrumúak. Nem titkolt szándékuk a figyelem és érdeklődés felkeltése.

A rovat tartalmi felhasználhatók online módon vagy éppen letöltve 10-20 percben egy-egy tanítási órán. Ezúton jelenségeket, törvényszerűségeket tudunk bemutatni vagy felidézni. Módszertani szempontból széles a lehetőségek palettája. Kivétítve, frontális oktatásban elsősorban a képek, az animációk, a molekulamodellek látványa alkalmazható. Az elemzés, az értelmezés, a kapcsolatok feltárása már a tanár feladata. A digitális tananyagot egyénileg vagy 2-3 fős csoportokban is fel lehet dolgozni.



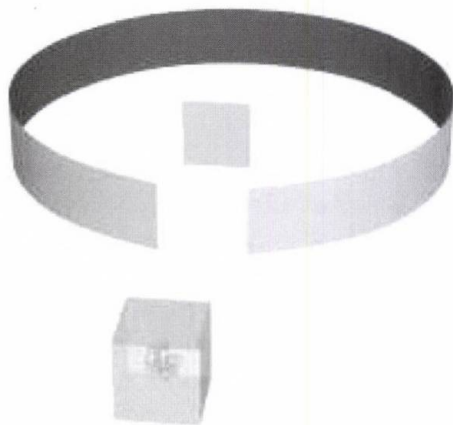
RUTHERFORD SZÓRÁSI KÍSÉRLET 1.



arany fólia atomjai



ZnS ernyő



Ilyenkor már az írásos rész, a hivatkozások követése és az interaktív elemek egyéni használata dominál. A feldolgozandó elektronikus tananyagot nemcsak az iskolában használjuk, hiszen megadhatjuk a hivatkozásokat, házi feladatokat adhatunk, és elektronikus beszámolót kérhetünk tőlük.

A kémiatanárok számára a rovat módszertani információforrásnak tekinthető. Számos cikk sorolható a szervetlen, a szerves, a környezeti, az elektro-, az élelmiszerkémia stb. témakörökbe. A legtöbb íráshoz külön módszertani ajánlást készítünk a tanárok számára.

– Több beszámoló és leírás készült az iskolában végezhető kísérletekről. Ezek ötletet adnak érdekes bemutató és tanulói kísérletekhez. Pl.: Belépődíj 2 Ft, Üvegtechnika, Higanyszív, Liftező fém.

– Számos, a médiában sokat emlegetett „megmagyarázhatatlan tény”, áltudományos parajelenség elemzése, vizsgálata és tudományos analízise olvasható cikkeinkben. pl.: Mi folyik itt? – a pi-víz, A vízhatlan, lélegző anyagok titka, Tudomány – áltudomány – interjú Beck Mihály akadémikussal, stb.

– Igyekszünk az aktualításokról, ünnepekről, évfordulókról írni. Pl.: Kémiai Nobel-díj 2002, 2003, 235 éve született John Dalton, Neumann és a vegyészet és más kémiatörténeti dolgozatok.

– Az élelmiszerkémiai írások a hétköznapi jelenségeket vizsgálják, értelmezik és áttételesen nevelnek az aktív világlátásra. Pl.: Katalízis ananással, Lépünk (olíva)olajra, Tojásfestés természetesen, stb.

– Törekszünk a rovatot interaktívvá tenni. Ennek szellemében üzemeltetjük a Reaktor levelezési listát és írunk ki feladatokat diákok számára. Pl.: Meglepetés egy pohár sörben, Játék: Mennyi az annyi? stb.

Végül meg kell említenünk, hogy sok kiemelkedően tanító és kísérletező kollégát ismerünk, akiktől sokat tanulunk és tanulhatnánk. De nem tudjuk meggyőzni őket, hogy egy-egy írásukkal, fényképeikkel jelenjenek meg a világhálón. Ezért hangsúlyozzuk, hogy várjuk a diákok, az egyetemisták és a tanár kollégák egy-egy, de akár több írását, elemzését vagy beszámolóját. A kémia rovat akkor lesz érdekes, olvasott és többször felkeresett, ha minél többféle témájú és formájú cikk jelenik meg.

A Richter Gedeon Rt. a Magyar Kémia Oktatásáért

Az idén öt kémiatanár vehette át kiemelkedő munkájáért „A Magyar Kémia Oktatásáért”-díjat. A díj átadására az MTA Akadémiai Klubjának termében ünnepélyes keretek között immár hatodik alkalommal került sor. A rangos elismerést a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémiaoktatásáért 3 tagú kuratóriuma évente ítéli oda, olyan középiskolai és általános iskolai kémiatanároknak, pedagógusoknak, akik áldozatos munkájukkal járulnak hozzá a magasabb színvonalú képzéshez. Az alapítvány 2004-ben Kapocsi Margit Katalin, Podobni Lajosné és Dr. Lovas Zoltánné középiskolai tanárok (250-250 ezer forint), valamint Martonné Ruzsa Valéria és Magdó Sándor általános iskolai tanár (200-200 ezer forint) a kémiaoktatásban és a kémiaoktatásért végzett munkáját ismerte el.

A Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásáért 1999-ben a Richter Gedeon Rt. kezdeményezésével jött létre azzal a szándékkal, hogy a társaság a magyarországi kémiaoktatásban és az azzal kapcsolatos ismeretterjesztésben közvetlenül vállalhasson támogató szerepet. Az alapítvány feladatai közé tartozik többek között a kémiában kiemelkedő eredményeket elérő diákok és tanárok felkarolása, elismerése és díjazása, valamint a kémiaoktatásban bekövetkező változások figyelemmel kísérése, publikálása.

Az alapítvány „A Magyar Kémia Oktatásáért” Díjjal évente közép- és általános iskolai kémiatanárok kiemelkedő munkáját jutalmazza. Az alapítvány céljainak megvalósítása érdekében három tagból álló kuratórium működik. A kuratórium a díjazottak kiválasztásához szükséges adatokat pályázati formában szerzi be.

További információ:

Richter Gedeon Rt.

Beke Zsuzsa, PR vezető

Tel.: 431-4888, Fax: 261-1221

E-mail: zs.beke@richter.hu

A Richter Gedeon Rt., társadalmi szerepvállalásának megfelelően, a magyar egészségügyet és az oktatást támogatja, mely területek pártfogására számos alapítványt hozott létre. A társaság pályázatokon és alapítványokon keresztül évente több millió forinttal segíti a fiatal vegyészmérnökök és gyógyszerészhallgatók továbbképzését éppúgy, mint a kémiában kiemelkedő tehetségű középiskolásokat, valamint az oktatásban jelentős szerepet betöltő tanárokat. Társaságunk azonban nemcsak a vegyész szakemberek képzését támogatja, hanem jelen van a műszaki, az orvosi, valamint a közgazdaságtudományi egyetemek támogatói között is az ország számos pontján. A Richter Gedeon Rt. a magyarországi oktatás, képzés, felnőttoktatás, valamint a tudományos kutatás terén nyújtott kiemelkedő támogatásáért 2000 decemberében az Oktatási Minisztérium Kármán Tódor-díjában részesült. A 2001 szeptemberében megrendezett Top 200 gálán társaságunk, mint a közösségi célokért a legtöbbet és legeredményesebben tevő vállalat Felelősségtudat-díjat vehetett át.



NAT 2003 AJÁNLOTT TANTERV

A közoktatásról szóló törvény szerint
2004-ben az iskolák új pedagógiai
programot, illetve a NAT 2003 alapján
helyi tantervet készítenek.

Az iskola az oktatási miniszter által
kihirdetett kerettantervek alapján
elkészítheti helyi tantervét.

A Mozaik Kiadó által készített
kerettantervrendszert az OM akkreditálta,
és nyomtatásban megjelent
a 17/2004. (V. 20.) rendelet mellékleteként
az Oktatási Közlöny 2004/68.
számának 593-1488. oldalán.

A kerettanterv letölthető az OM
honlapjáról, valamint
a www.mozaik.info.hu címről.

MOZAIK KERETTANTERVRENDSZER NAT 2003

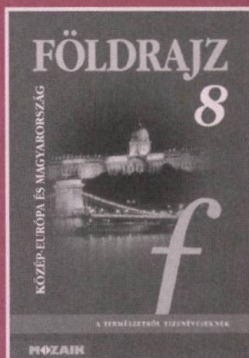
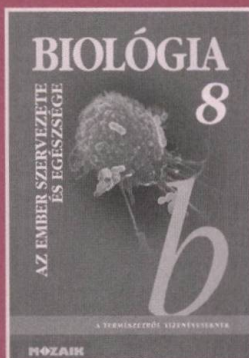
**Az általános iskolák
és a gimnáziumok számára**

ALSÓ TAGOZAT
FELSŐ TAGOZAT
GIMNÁZIUM

MOZAIK

**MOZAIK – NAT 2003
Kerettantervrendszer**
www.mozaik.info.hu

A HUNDIDAC 2003. VERSENY ARANY-DÍJAS KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu